

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ  
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

**ВИПРОБУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

*(для студентів 4,5 курсів усіх форм навчання за напрямом підготовки  
0922 (6.050702) «Електромеханіка», спеціальності  
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)*

Харків  
ХНАМГ  
2012

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «ВИПРОБУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ» (для студентів 4, 5 курсів всіх форм навчання напряму підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка» спеціальності «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; Д. Ю. Зубенко. Х. : – ХНАМГ: 2012. – 82 с.

Укладач: Д. Ю. Зубенко

Рецензент: доц. М. А. Голтв'янський

## **ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОРГАНІЗАЦІЮ ТА ВИКОНАННЯ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ**

Під час виконання лабораторних робіт студенти закріплюють і поглиблюють теоретичні знання, здобувають навички з дефектації, відновлення робочої поверхні, користування “Керівництвом з капітального ремонту трамвайних вагонів”, “Керівництвом з капітального ремонту тролейбусів”; отримують нові відомості – необхідні для виконання курсового проекту дисципліни “Ремонт рухомого складу міського електротранспорту” і наступної практичної діяльності.

Кожна лабораторна робота включає мету, зміст, технологічну інструкцію, що визначає зміст, методику виконання переходів; форми таблиць для запису отриманих результатів і контрольні запитання.

Лабораторні роботи виконуються за розкладом у лабораторії або філіях кафедри (завод електротранспорту, метрополітен, депо).

Навчальну групу поділяють на бригади (ланки). З навчальною групою проводять інструктивно-методичні заняття, на яких студентам повідомляють порядок проведення лабораторних робіт; знайомлять їх з документацією та організацією робочих місць, графіком виконання робіт, проводять інструктаж з техніки безпеки, після чого кожний студент розписується у спеціальному журналі і несе юридичну відповідальність за порушення правил та заходів безпеки при виконанні робіт у лабораторії кафедри та її філіях.

### **Етапи виконання лабораторної роботи:**

- ✓ домашня підготовка – вивчення теоретичного матеріалу, встановлення вихідних даних, заповнення бланка звіту і креслення таблиць за приведеними формами;
- ✓ перевірка викладачем готовності студентів до виконання лабораторної роботи;
- ✓ доповнення вихідних даних та виконання лабораторної роботи;
- ✓ організаційно-технічне обслуговування робочого місця, оформлення звіту і захист лабораторної роботи

Невиконання заданого обсягу робіт, низька якість вирішення завдання і незнання правил та заходів безпеки можуть стати причиною перенесення чергової лабораторної роботи на додаткові заняття.

### **Вимоги до звіту про виконання лабораторної роботи**

Після виконання роботи кожний студент подає викладачеві звіт, оформлений згідно з вимогами діючого Державного стандарту. Зміст і форма звіту по лабораторних роботах максимально наближені до виробничо-технічних документів. Форми заповнення звітів надають у кінці виконання кожної лабораторної роботи. Звіт оформляють в окремому зошиті і використовують при підготовці до складання екзамену.

### **Правила і заходи безпеки роботи в лабораторії**

Щоб уникнути нещасних випадків, необхідно строго дотримуватися правил та заходів безпеки. До виконання лабораторної роботи допускаються студенти тільки

після засвоєння ними зазначених правил, що підтверджується підписом студента в журналі.

Правила та заходи безпеки при виконанні робіт в лабораторії кафедри та її філіях регламентуються документами, які повинні бути затвердженні адміністрацією академії: “Інструкція для проведення вступного інструктажу з правил та заходів безпеки”, “Інструкція для проведення інструктажу на робочому місці з правил та заходів безпеки”, “Інструкція з правил пожежної безпеки”.

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ РОЗМІРІВ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ФОРМ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ДЕФЕКТАЦІЇ**

## ***Мета роботи***

1. Закріпити теоретичні знання, отримані при вивченні технологічних процесів дефектації і сортування деталей.
2. Вивчити методи й засоби, що використовуються при дефектації та сортуванні деталей.
3. Набути практичні навички: виявлення дефектів і їх сполучень на деталях різних класів; застосування у роботі “Керівництва з капітального ремонту трамвайних вагонів” і “Керівництва з капітального ремонту тролейбусів (КР).
4. З'ясувати характер роботи дефектовника.
5. Вивчити організаційне та технологічне оснащення робочого місця з дефектації і сортування деталей.

## ***Зміст роботи***

1. Вивчити конструктивно-технологічну характеристику деталі і вимоги КР на капітальний ремонт.
2. Для кожної робочої поверхні визначити деталь, що підлягає дефектації:
  - ✓ величину геометричних розмірів з робочого рисунка або КР:
  - ✓ вимоги до дефектів, що є основою для бракування.
3. Призначити засоби для виміру геометричних розмірів, перевірити комплектність і підготувати до роботи.
4. Визначити геометричні розміри робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації, за встановленою Держстандартом методикою.
5. Визначити величини зносу в різних поясах робочої поверхні деталей.
6. Побудувати епюру зносу кожної робочої поверхні деталі, що підлягає дефектації.
7. Порівняти результати виміру з вимогами технічних умов (ТУ) на капітальний ремонт згідно з КР. На епюру зносу нанести поле допуску.
8. Установити категорію стану деталі згідно з технологічним процесом по сортуванню.
9. Заповнити дефектовну відомість і оформити звіт про роботу. Обґрунтувати отримані результати роботи.

## ***Обладнання і оснащення робочого місця***

1. Контрольно-повірочна плита.
2. Прилад для встановлення деталей у центрах ПМВ-500.
3. Лупа чотирикратного збільшення.
4. Штангенциркуль: ЩЦ-11-160-0,05; ЩЦ-11-250-0,005 (Держстандарт 166-80); мікрометр гладкий: МК-25, МК-50, МК-75, МК-100.

5. Індикатор-нутромір: НІ 18-50, НІ 50-100, НІ 80-100 (Держстандарт 866-82).
6. Індикатор годинникового типу (Держстандарт 577-68).
7. Динамометричний ключ.
8. Металева лінійка 300 (Держстандарт 427-75).
9. Кутник.
10. Набір шурупів.
11. Набір гайкових ключів.
12. Молоток, викрутка, плоскогубці.
13. Деталі, що потребують ремонту.

### **Технологічна інструкція для виконання работ**

1. При підготовці до лабораторної роботи:
  - ✓ проробити лекційний матеріал про дефектацію та сортування деталей;
  - ✓ записати до бланка звіту найменування заданих для дефектації конструктивних елементів, величину технологічних параметрів засобів дефектації;
  - ✓ викреслити на бланкові звіту таблицю результатів замірів і розрахунків (табл. 1).
2. Викладачу перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.
3. Ознайомитися з робочим місцем і з'ясувати розміщення, призначення та будову обладнання, приладів та інструменту. Перевірити за описом комплектність. Підготувати до роботи інструмент.
4. За допомогою робочих рисунків і КР встановити чисельні значення діаметрів внутрішньої і зовнішньої циліндричних робочих поверхонь (вала і отвору) на початку експлуатації –  $D_n$ ,  $d_n$  і їх допустимі значення  $D_{доп}$ ,  $d_{доп}$ ,  

$$I_{доп} = D_n - d_{доп}.$$
5. Індикаторний нутромір настроїти на базовий розмір за методикою, викладеною в додатку 1.
6. За допомогою індикаторного нутроміра виміряти діаметр отвору  $D_d$ , в поясах 1-1, 2-2, 3-3 і взаємно перпендикулярних площинах А-А, Б-Б, (рис. 1.1).

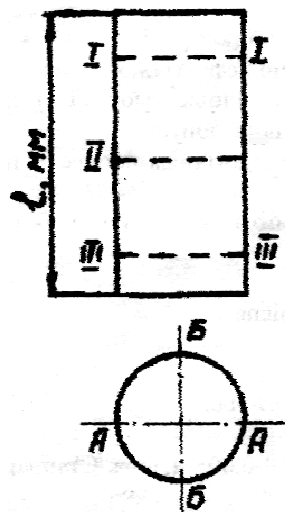


Рис. 1.1 – Схема обміру деталі

7. Встановити вал у центрі приладу ПБМ-500.
8. Привести мікрометр у початковий станка перевірити його на функціонування.
9. За допомогою мікрометра виміряти діаметр вала  $d_d$  у поясах 1-1, 2-2, 3-3 і взаємно перпендикулярних площинах А-А, Б-Б.

10. Визначити викривлення геометричної форми робочої поверхні деталей: овальність –  $\Delta_{ов}$

$$\Delta_{ов1} = D_{А1-А2} - D_{Б1-Б2}, \quad (1.1)$$

конусність –  $\Delta_{кон}$

$$\Delta_{кон \text{ А-А}} = D_{\max \text{ А-А}} - D_{\min \text{ А-А}}, \quad (1.2)$$

$$\Delta_{кон \text{ Б-Б}} = D_{\max \text{ Б-Б}} - D_{\min \text{ А-А}}.$$

11. Визначити зміну розмірів робочої поверхні деталі

$$I_d = D_n - D_d, \quad (1.3)$$

$$I_d = d_n - d_d,$$

де  $I_d$  – дійсне значення зносу.

12. Викреслити епюру зносу робочої поверхні в площинах А-А, Б-Б і поле допуску (рис. 1.2).

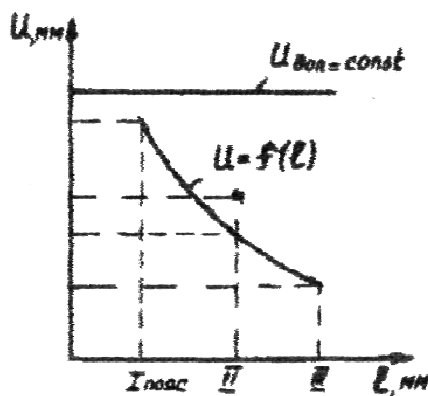


Рис. 1.2 – Епюра зносу

13. Вибрати найбільше значення величини зносу за діаметром  $I_{d\max}$ , порівняти його з допустимим значенням  $I_{доп}$  і встановити категорію стану згідно з умовами технологічного процесу сортування:

$I_{d\max} < I_{доп}$  – деталь придатна,

$I_{d\max} > I_{доп}$  – деталь підлягає відновленню

14. Результати замірів і розрахунків занести в дефектовну відомість (табл. 1.1). Зробити висновки. Оформити звіт.

15. Привести в початкове положення обладнання, документи, деталі, перевірити комплектність інструмента і приладів. Здати робоче місце черговому.

16. Захистити результати роботи:

- ✓ показати викладачу бланк звіту із заповненою табл. 1.1, ескізами деталей і епюрами зносу;
- ✓ обґрунтувати отримані результати розрахунків;
- ✓ знати організаційне та технологічне оснащення робочого місця з дефектації і сортування деталей;

- ✓ знати основні характеристики інструмента, яким користуються при виконанні роботи.

### ***Контрольні запитання***

1. Що називається дефектацією?
2. Які дефекти деталей РС отримали найбільше поширення?
3. Послідовність технологічного процесу дефектації.
4. Що називається допустимим, граничним зносом?
5. Способи визначення допустимого і граничного зносів.
6. Сорткування деталей та його призначення.
7. Як виставити індикатор нутромір на базисний розмір?
8. Як встановити мікромір на «О»?
9. Овальність та конусність. Методи їх визначення





## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПУСТИМОГО ЗНОСУ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ДЕФЕКТАЦІЇ**

### ***Мета роботи***

1. Закріпити теоретичні знання з організації визначення допустимого зносу робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації.
2. Опанувати методику визначення допустимого зносу деталей, що підлягають дефектації, що використовується при розробці “Керівництва з проведення капітального ремонту рухомого складу”.
3. Ознайомитися з методикою збору і обробки статистичних даних, необхідних для визначення допустимого зносу робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації.

### ***Зміст роботи***

1. З'ясувати вид і кількість робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації, допустимі зноси, які необхідно визначити.
2. Засвоїти графоаналітичний метод визначення допустимого зносу робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації:
  - ✓ засвоїти аналітичну залежність між допустимим і граничним зносом та зносом за міжремонтний пробіг;
  - ✓ вивчити умови, при яких експериментальним шляхом визначають величину граничного зносу і зносу за міжремонтний пробіг.
3. Підібрати засоби для виміру величин граничного зносу і зносу за міжремонтний пробіг, перевірити їх на функціонування і підготувати до роботи.
4. Визначити геометричні розміри робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації за встановленою Держстандартом методикою.
5. Встановити величину граничного зносу робочих поверхонь (вала або отвору) після настання форсованого зносу.
6. Визначити величину зносу робочих поверхонь вала або отвору за міжремонтний пробіг.
7. За методикою професора В.В. Єфремова визначити чисельне значення допустимого зносу робочої поверхні деталі, що підлягає дефектації.
8. Оформити звіт лабораторної роботи, обґрунтувати отримані результати роботи.

### ***Обладнання і оснащення робочого місця***

1. Контрольно-повірочна плита.
2. Штангенциркуль: ШЦ-11-160-0,05, ШЦ-11-250-0,05 (Держстандарт 160-80).
3. Мікрометр гладкий: МК-50, МК-75, МК-100 (Держстандарт 6507-78).
4. Індикатор-нутромір: НІ-1850, НІ-50-100, НІ-80-100 (Держстандарт 866-82).

5. Металева лінійка.
6. Партія деталей, підлягаючих дефектації.

### **Технологічна інструкція для виконання робіт**

1. При підготовці до лабораторної роботи:
  - ✓ проробити лекційний матеріал про графоаналітичний метод визначення допустимого зносу робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації;
  - ✓ записати до бланка звіту найменування заданих для виконання робіт конструктивних елементів, їх тактико технічні дані, вимірювальні прилади;
  - ✓ викреслити на бланкові звіту таблицю результатів замірів і розрахунків (табл.2.1).
2. Викладачеві перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.
3. Ознайомитися з робочим місцем і приладами, перевірити їх комплектність.
4. Зважаючи, що допустимий  $I_{\text{доп}}$  і граничний  $I_{\text{гран}}$  зноси і знос за міжремонтний пробіг  $I_{\text{м}}$  зв'язані аналітичною залежністю:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{гран}} - I_{\text{м}}. \quad (2.1)$$

### **Зважити на такі факти:**

- ✓ граничний знос робочої поверхні деталі, що підлягає дефектації визначають експериментально за методикою згідно з Держстандартом при умові настання формованого зносу;
- ✓ знос робочої поверхні цієї ж деталі, що підлягає дефектації за міжремонтний пробіг знаходять також експериментально, як і граничний знос, з тією лише різницею, що в даному експерименті використовують партію ідентичних деталей, що підлягають дефектації (не менше 10), знятих з рухомого складу, що бере участь в експерименті; чисельне значення зносу за міжремонтний пробіг визначають як середню арифметичну величину за формулою:

$$I_{\text{м}} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\text{мі}}}{n}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – кількість деталей, що беруть участь в експерименті.

5. Перед проведенням вимірювань індикаторний нутромір підготувати до роботи – налагодити на базовий розмір згідно з методикою, викладеною в додатку 2.

6. За допомогою робочих креслень встановити чисельні значення діаметрів внутрішньої  $D_{\text{н}}$  і зовнішньої  $d_{\text{н}}$  циліндричних робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації, що беруть участь у експерименті на початку експлуатації.

7. За допомогою індикаторного нутроміра після проведення експериментів заміряти діаметри отворів  $D_{\text{гран}}$ ,  $D_{\text{н}}$ , а за допомогою мікрометра – діаметр вала  $d_{\text{гран}}$ ,  $d_{\text{н}}$  в поясах 1-1, 2-2, 3-3 і у взаємно перпендикулярних площинах А-А і Б-Б (див. рис. 1.1).

8. Визначити для кожного поясу величину граничного зносу робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації за формулою:

$$\begin{aligned} I_{\text{гран.о}} &= D_{\text{н}} - D_{\text{гран}}, \\ I_{\text{гран.в}} &= d_{\text{н}} - d_{\text{гран}}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

9. Вибрати окремо найбільше значення граничного зносу робочих поверхонь вала  $I_{\text{гран.мах.в}}$  і отвору  $I_{\text{гран.мах.о}}$

10. Визначити величину зносу за міжремонтний пробіг робочих поверхонь партії ідентичних деталей, що підлягають дефектації;

$$\begin{aligned} I_{\text{м.ол}} &= D_{\text{н}} - D_{\text{м1}}, \\ I_{\text{м.вл}} &= d_{\text{н}} - d_{\text{м1}}. \end{aligned} \quad (2.4)$$

11. Вибрати окремо для кожної деталі партії найбільше значення зносу за міжремонтний пробіг робочої поверхні отвору  $I_{\text{м.о.мах}}$ .

12. За допомогою виразу (2.2) визначити середнє арифметичне значення зносу за міжремонтний пробіг робочих поверхонь отвору  $I_{\text{м.о}}$  і вала  $I_{\text{м.в}}$ .

13. Використовуючи експериментально отримані значення граничного зносу і зносу за міжремонтний пробіг і знаючи чисельні значення міжремонтного пробігу і пробігу до моменту виникнення форсованого зносу за методикою професора В.В. Єфремова (рис. 2.1), визначити допустимий знос робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації (вала і отвору).

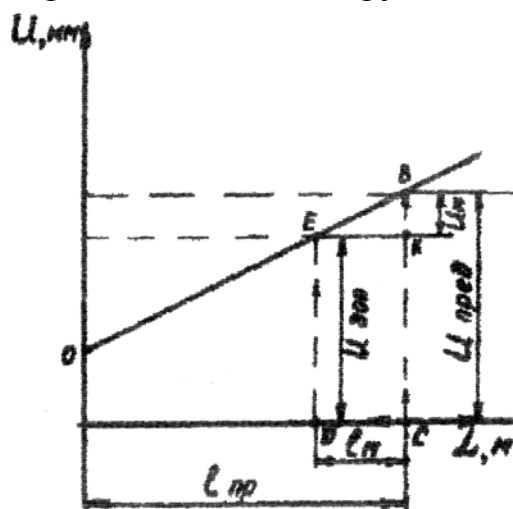


Рис. 2.1 – Визначення допустимого зносу

14. Всі експериментально отримані й розраховані значення параметрів робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації занести до табл. 2.1.

15. Використовуючи табличні дані, побудувати епюру зносу і поле допуску робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації (рис. 1.2).

16. Оформити звіт. На основі отриманих результатів зробити висновок, перевірити комплектність приладів та інструменту.

17. Привести в початкове положення обладнання, документи, деталі, перевірити комплектність приладів та інструменту. Здати робоче місце представникові лабораторії.

18. Захистити результати роботи:

- ✓ показати викладачеві бланк звіту із заповненою табл.2.1, ескізами дефектних деталей і епюрами їх зносів і полями допусків;
- ✓ обґрунтувати результати розрахунків;
- ✓ знати організаційне і технологічне оснащення робочого місця для проведення експерименту;
- ✓ знати основні тактико-технічні дані інструмента, що використовується при виконанні роботи.

### ***Контрольні запитання***

1. Що називається дефектацією? Який порядок її проведення?
2. Назвати основні засоби дефектації і їх похибки.
3. Що називається граничним і допустимим зносами, який існує між ними зв'язок?
4. Назвати умови, при яких визначають граничний знос і знос за міжремонтний пробіг робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації?
5. Який порядок визначення граничного зносу і зносу за міжремонтний пробіг?
6. Навіщо необхідно визначати допустимий знос робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації?
7. Призначення епюри зносу і поля допусків.
8. Як встановити індикаторний нутромір на базисний розмір?
9. Як встановити нутромір на «0»?
10. Який порядок роботи з штангенциркулем ?

✓ Таблиця 2.1

## Результати замірів і розрахунків

Конструктивні елементи деталі		Д <sub>н</sub> , d <sub>н</sub> , мм	Поясне вимірювання	Плоске вимірювання	Граничний знос, мм			Знос за міжремонтний пробіг, мм										U <sub>доп.о</sub> U <sub>доп.в</sub>
					D <sub>гран</sub> d <sub>гран</sub>	U <sub>гран</sub> U <sub>гран</sub>	U <sub>гран. max</sub> U <sub>гран. max</sub>	D <sub>м</sub> d <sub>м</sub>	U <sub>м1.о</sub> U <sub>м1.в</sub>	U <sub>м1.max</sub> U <sub>м1.max</sub>	D <sub>м2</sub> d <sub>м2</sub>	U <sub>м2.о</sub> U <sub>м2.в</sub>	U <sub>м2.max</sub> U <sub>м2.max</sub>	D <sub>мп</sub> d <sub>мп</sub>	U <sub>мп.max</sub> U <sub>мп.max</sub>	U <sub>мп.о</sub> U <sub>мп.в</sub>	U <sub>мі.о</sub> U <sub>мі.в</sub>	
1	Циліндрична внутрішня робоча поверхня (отвір)		1-1	A <sub>1</sub> - A <sub>1</sub> Б <sub>1</sub> -Б <sub>1</sub>														
			2-2	A <sub>2</sub> - A <sub>2</sub> Б <sub>2</sub> -Б <sub>2</sub>														
			3-3	A <sub>3</sub> - A <sub>3</sub> Б <sub>3</sub> -Б <sub>3</sub>														
2	Циліндрична зовнішня робоча поверхня (вал)		1-1	A <sub>1</sub> - A <sub>1</sub> Б <sub>1</sub> -Б <sub>1</sub>														
			2-2	A <sub>2</sub> - A <sub>2</sub> Б <sub>2</sub> -Б <sub>2</sub>														
			3-3	A <sub>3</sub> - A <sub>3</sub> Б <sub>3</sub> -Б <sub>3</sub>														

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. ВИЗНАЧЕННЯ ПРИХОВАНИХ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ДЕФЕКТАЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ**

## ***Мета роботи***

1. Закріпити теоретичні знання з виявлення механічних пошкоджень на деталях, що підлягають дефектації.
2. Вивчити методи і засоби, за допомогою яких виявляють приховані механічні пошкодження.
3. Ознайомитися з роботою штатних дефектоскопів.

## ***Зміст роботи***

1. Вивчити метод магнітної дефектоскопії. Ознайомитися з роботою магнітного дефектоскопа.
2. Вивчити метод ультразвукової дефектоскопії. Ознайомитися з роботою ультразвукового дефектоскопа.
3. Вивчити люмінесцентний метод дефектоскопії. Ознайомитися з роботою люмінесцентного дефектоскопа.
4. Вивчити метод кольорової дефектоскопії (метод фарб) і область його застосування.
5. Вивчити метод обпресування і область його застосування.

## ***Обладнання і оснащення робочого місця***

1. Переносний магнітний дефектоскоп ПМД-70.
2. Ультразвуковий дефектоскоп.
3. Переносний люмінесцентний дефектоскоп Л-84.
4. Набір деталей, що підлягають дефектації.
5. Набір зразків із штучними дефектами для налаштування приладів і оцінки їх чутливості.
6. Використані матеріали: магнітна суспензія, люмінофор, розчинник, фарба “Судан-3”, гас, трансформаторне масло, скипидар, окис магнію, силікагель, тальк марки А, каолін, крейда, свинцеве біло або емаль біла НЦ-524, технічні серветки (драння).

## ***Метод магнітної дефектації***

Магнітні дефектоскопи застосовують для виявлення прихованих дефектів на поверхні феромагнітних деталей.

Принцип їх роботи базується на використанні зміни форми магнітних силових ліній при наявності дефектів у результаті різної магнітної проникності металу і повітряного проміжку.

Сутність методу полягає у тому, що сильно намагнічену змінним або постійним струмом деталь опускають на 2-3 хв. у ванну з магнітною суспензією або поси-

пають сухими ошурками. Магнітну суспензію готують з гасу або трансформаторного масла з додаванням дрібнодисперсного порошку прокаленого окису заліза (магнетит) у співвідношенні 1:30 – 1:50.

### **Ознаки класифікації дефектоскопів**

#### **1. Спосіб використання металічних ошурок:**

- ✓ магнітні дефектоскопи з використанням сухих ошурок;
- ✓ магнітні дефектоскопи з використанням магнітної суспензії.

У першому випадку дефектоскопи застосовують для перевірки деталей з грубо обробленими або необробленими поверхнями після кування або штампування, у другому випадку - для перевірки деталей з шліфованими або полірованими поверхнями.

#### **2. Вид намагнічувального струму:**

- ✓ магнітні дефектоскопи із застосуванням перемінного струму для намагнічування деталі;
- ✓ магнітні дефектоскопи із застосуванням постійного струму.
- ✓ Використанням змінного струму має ряд переваг:
- ✓ легко й зручно розмагнічувати деталі після їх перевірки без допоміжних пристроїв;
- ✓ змінний струм легко трансформується, що дає можливість отримати будь-яку напругу.

При постійному струмі магнітний потік розповсюджується по перерізу деталі рівномірно, а при змінному – витискується до поверхні (явище поверхового ефекту).

#### **3. Спосіб намагнічування:**

- ✓ циркулярне - для виявлення у деталях тріщин уздовж;
- ✓ полюсне - для виявлення у деталях тріщин поперек;
- ✓ комбіноване.

У першому випадку (рис. 3.1) магнітне поле утворюється за рахунок проходження крізь деталь змінного струму великої сили ( 1000-4000 А).

У другому випадку (рис. 3.2) магнітне поле утворюється за рахунок вміщення деталі у соленоїд, який живиться постійним або змінним струмом.

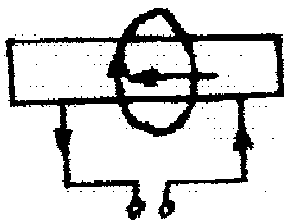


Рис. 3.1

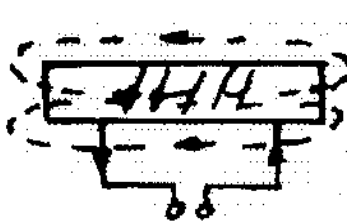


Рис. 3.2

У комбінованих магнітних дефектах об'єднано принципи циркуляційного і полюсного намагнічування.

У ремонтному виробництві використовують:

- ✓ універсальний магнітний дефектоскоп МДВ (для дефектації деталей невеликих розмірів);



- ✓ універсальний магнітний дефектоскоп типу М-217 Челябінського електро-механічного заводу.
- ✓ величина намагнічувального струму 0-1500 А.

Тепер широко використовується стаціонарний універсальний магнітний дефектоскоп типу МЕД-2 (Ленінградський електромеханічний завод), що дозволяє виявити прихований дефект деталі діаметром 90 мм і довжиною 900 мм.

За допомогою цих дефектоскопів можна контролювати як зняті, так і не зняті деталі (у доступних місцях).

Великогабаритні деталі конструюють за допомогою універсальних магнітних дефектоскопів УМД-9000.

Максимальний струм при циркулярному намагнічуванні досягає 10000 максимальні габарити - довжина 1699, діаметр 800 мм.

Розмагнічування деталей проводять повільним пропусканням, деталі із соленоїда.

### ***Дефектоскоп ПМД-70***

Цей дефектоскоп дозволяє виявити зовнішні приховані дефекти на різних за формою деталях шляхом намагнічування окремих контрольованих ділянок або деталей у цілому циркулярним або подовженим полем, що утворюється за допомогою тиску намагнічуючих приладів, що живляться імпульсами змінного струму (електроконтакти, гнучкий кабель) або постійним струмом (електромагніт, соленоїд).

Дефектоскоп забезпечує якісне розмагнічування деталей, що підлягають дефектації шляхом автоматичного реверсу імпульсів струму крізь намагнічувальні прилади.

Дефектоскоп складається з блока живлення, блока керування, намагнічувальних пристроїв (електромагніт, соленоїд, гнучкі кабелі, електроконтакти) і комплекту приладів.

Блок живлення забезпечує роботу всіх складових приладу. Імпульсний блок у режимі намагнічування формує потужні імпульси струму в гнучкому кабелі або безпосередньо на ділянці деталі, що підлягає дефектації, яку намагнічують, за допомогою електроконтактів. У режимі розмагнічування імпульсний блок формує серію різнополярних спадаючих за амплітудою імпульсів струму, що утворив розмагнічувальне магнітне поле.

Блок керування призначений для регулювання величини струму в обмотках електромагніта або соленоїда при намагнічуванні або розмагнічуванні; для попере-мінного реверсу струму в обмотках електромагніта або соленоїда; для комутації струму гнучкого кабеля з допомогою контактора.

**Намагнічувальні пристрої** - шарнірний електромагніт, соленоїд, кабелі відповідно призначені для контролю окремих ділянок деталі, що підлягає дефектації в прикладеному магнітному полі, для повздовжнього намагнічування деталей, для намагнічування і розмагнічування деталей, що підлягають дефектації різних форм та габаритів, без їх демонтажу у важкодоступних місцях.

Індикатором для виявлення прихованих дефектів є магнітна суспензія.

Джерелом живлення дефектоскопа може бути мережа постійного струму із напругою 24 В або мережа змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц.

### ***Методика визначення прихованих дефектів включає такі операції:***

- ✓ підготовка деталі, що підлягає дефектації до контролю;
- ✓ підготовка приладу до роботи;
- ✓ намагнічування;
- ✓ нанесення суспензії;
- ✓ огляд деталі;
- ✓ розмагнічування і контроль ступеня розмагнічування.

Перед початком роботи готують необхідні намагнічувальні пристрої, з'єднувальні кабелі, пристосування для приготування та нанесення суспензії, пристрої для огляду деталі.

До затискачів “Вихід” імпульсного блоку при контролі з намагнічуванням імпульсним циркулярним струмом приєднують електроконтакти, а при контролі з позовжнім імпульсним намагнічуванням - гнучкий кабель.

Штепсельне роз'єднання “Живлення” на імпульсному блоці кабелем № 7 або № 8 (у випадку роботи з винесеним на відстань до 4 м імпульсним блоком) з'єднують із штепсельним роз'єднанням “Блок імпл.” блоку живлення.

Кабель живлення дефектоскопа приєднують до штепсельного роз'єднання “Живлення” на блоці живлення і джерела живлення. Вимикачем “Живлення вимк.” вмикають блок живлення, при цьому повинна загорітися сигнальна лампочка.

На імпульсному блоці перемикач “Намагнічування – розмагнічування” встановлюють у положення “Намагнічування”, ввімкнувши тим самим імпульсний блок. При цьому повинна загорітися сигнальна лампочка “Повне розмагнічування”.

При контролі за допомогою соленоїда або електромагніта кабелем №9 з'єднують штепсельне роз'єднання “Живлення” на блоці живлення із штепсельним роз'єднанням “Блок управління” на блоці живлення. Штепсельну вилку електромагніта (соленоїда) вмикають у розетку “Ел. магніт – соленоїд” на блоці керування. Перемикач “Намагнічування – гнучкий кабель – розмагнічування” встановлюють у положення “Намагнічування”.

Ручку регулятора “Струм” встановлюють у крайнє ліве положення, що відповідає знятому вивантаженню. Блок живлення вмикають вимикачем “Живлення вимкн.”. Блок керування вмикають вимикачем “Живлення вимкн.”, при цьому стрілочний індикатор, перемикач якого попередньо встановлюють у положення “Напруга”, повинен показувати напругу джерела живлення.

У процесі експлуатації дефектоскопа одночасне живлення від блока живлення, імпульсного блока і блока керування допускається тільки при живленні дефектоскопа від мережі змінного струму напругою 220 В.

Робота з гнучким кабелем при живленні блока керування від блока живлення категорично забороняється.

Робота з імпульсним блоком допускається тільки при включеному навантаженні.

Блок живлення треба використовувати як джерело постійного струму для блоку керування тільки при живленні дефектоскопа від мережі змінного струму

напругою 220 В. В інших випадках блок керування живити тільки від джерела постійного струму напругою 24 В.

Намагнічування деталі, що підлягає дефектації за допомогою шарнірного електромагніта виконується шляхом подачі живлення за допомогою вимикача, розташованого на комутуючому пристрої. Поздовжнє намагнічування деталі, що підлягає дефектації за допомогою соленоїда здійснюється за допомогою перемикача, розташованого на його панелі. У випадку використання змінного струму перемикач встановлюють у положення “Змінний струм”, що відповідає після давальному включенню обмоток соленоїда. При використанні постійного струму перемикач встановлюють у положення “Постійний струм”, що відповідає паралельному включенню обмоток соленоїда.

### **Метод ультразвукової дефектоскопії**

Ультразвукові дефектоскопи призначені для виявлення прихованих дефектів на глибині до 1м деталей, виготовлених з будь-яких металів та сплавів.

Ультразвукові дефектоскопи засновані на властивості ультразвуку проходити крізь металічні вироби і відбивати його коливальну енергію від межі розділу двох середовищ (в тому числі від дефекту).

Ультразвукові дефектоскопи залежно від способу сприймання сигналу від дефекту поділяють на прилади, які працюють за методом тіньового ефекту (метод просвічування) і імпульсному відлуння-методу.

Принцип дії дефектоскопа, що працює за методом тіньового ефекту, можна простежити за схемою (рис. 3.3: 1 – ультразвуковий генератор; 2 – п'єзоелектричний випромінювач, що перетворює короткий електричний імпульс в ультразвукове коливання; 3 – контрольована деталь; 4 – дефект деталі; 5 – п'єзоприймач, що перетворює електричні імпульси; 6 – підсилювач, що підсилює електричні імпульси; 7 – нуль-індикатор, який реєструє електричні імпульси).

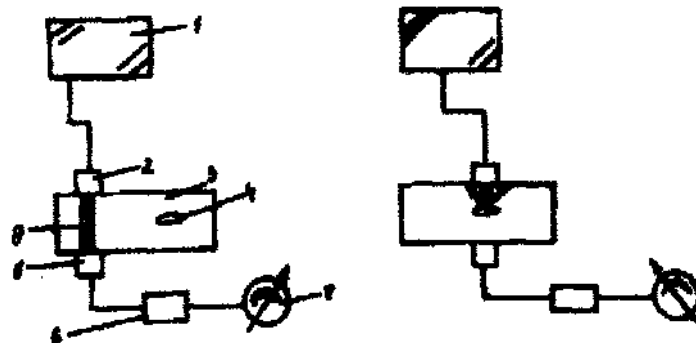


Рис.3.3

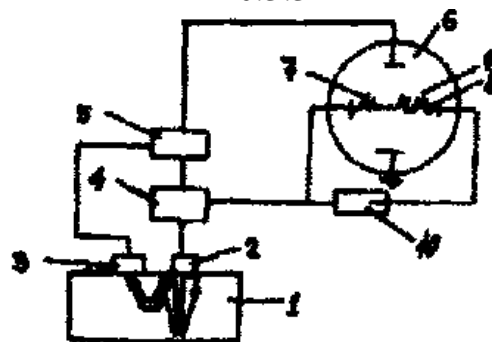


Рис.3.4

Якщо відновлювана деталь має дефект, то на приймач 5 (який у даний момент знаходиться в “Звуковій тіні”) коливання не попадають, а стрілка нуль-індикатора стоїть на нулі.

Імпульсний відлуння-метод заснований на відбитті ультразвукових коливань від поверхні дефекту.

Принцип дії ультразвукового дефектоскопа, що працює за імпульсним відлуння-методом, можна простежити за схемою на (рис 3.4: 1 – деталь з дефектом; 2 – випромінювач ультразвукових коливань; 3 – приймач; 4 – генератор імпульсів; 5 – підсилювач; 6 – електронно-променева трубка; 7 – випромінений імпульс; 8 – донний імпульс; 9 – імпульс, відбитий від дефекту; 10 – блок розкладки).

При контролі деталі 1 до її поверхні підводять випромінювач ультразвукових коливань 2, що живиться від генератора 4. Якщо дефекту немає, то ультразвукові коливання, відбившись, повернуться назад і схвилюють у приймачі 3 електронний сигнал. На електронно-променевій трубці 6 будуть видні два сплески 7 і 8. Якщо є дефекти, то ультразвукові коливання відіб'ються від дефекту, на екрані трубки 6 з'явиться проміжний імпульс 9.

Порівнюючи відстані між імпульсами на екрані і розміри деталі, визначають не тільки місцезнаходження дефекту, але і глибину його залягання.

Залежно від форми контрольованої деталі використовують плоскі, похилі та призматичні (для зварних з'єднань) п'єзoeлектричні випромінювачі ультразвукових коливань.

У ремонтному виробництві найбільше використання знаходять УЗД-7н, ДУК-66ПМ, УД-10УА (працюють на частоті 0,8 МГц).

Промисловість випускає ДУК-5В, ДУК-6В, УЗД-НІММ,5, УЗД-51М.

### **Дефектоскоп УЗД-56М**

У цьому дефектоскопі передача ультразвуку у виробі проводиться у вигляді коротких імпульсів, а прийняття відбитих ультразвукових коливань здійснюється під час пауз між імпульсами.

Принципова каскадна схема дефектоскопа наведена на рис. 3.5, де 1 – випромінююча п'єзопластинка; 2 – генератор; 3 – підсилювач приймального пристрою; 4 – приймальна пластинка; 5 – електронно-променева трубка; 6 – розкладаючий пристрій; 7 – блок живлення; 8 – початковий імпульс; 9 – донний імпульс; 10 – імпульс від дефекту; 11 і 12 – відхиляючі пластинки; 13 – об'єкт, який досліджують; 14 – дефект.

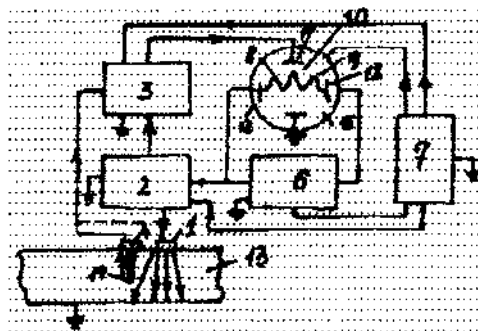


Рис.3.5

Дефектоскоп УЗД-56М працює так: генератор 2 подає короткочасний імпульс високочастотних електричних коливань на передаючу п'єзоелектронну пластинку 1, під впливом яких пластинка робить механічні коливання з ультразвуковою частотою. Ці коливання завдяки тільному акустичному контакту пластини з виробом передаються у виріб 13, що досліджується. Одночасно разом з генератором вступає в дію розкладаючий пристрій, від якого, подається різниця потенціалів на відхиляючу пластинку 12 електронно-променевої трубки 5. Електронний промінь, переходячи від однієї пластинки до другої, прокреслює на флуоресціюючому екрані лінію, що світиться. Окрім цього початок імпульсу від генератора крізь підсилювач подається на пластинку вертикального відхилення 11, внаслідок чого електронний промінь підкреслює початковий імпульс 8.

Наприкінці кожного короткочасного імпульсу генератор 2 запирається і подача електричних зарядів від нього на передаючу п'єзоелектричну пластинку припиняється. Генератор у ході проходження імпульсу ультразвукових хвиль у досліджуваному матеріалі 13 не дає.

Ультразвукові хвилі, після того як вони дійшли до протилежної грані досліджуваного матеріалу, відбиваються від неї і, повергаючись назад до першої (верхньої) грані частково попадають на приймальну п'єзоелектричну пластинку і примушують її коливатися. Від коливань на поверхні приймальної пластинки виникнуть електричні заряди, тобто буде викликаний прямий п'єзоелектричний ефект. Заряди, утворені на поверхні приймальної пластинки, знімаються електродами, нанесеними на пластинку, і попадають у підсилювач; після підсилення вони подаються на ту саму вертикальну відхиляючу пластинку 11 електронно-променевої трубки 5.

Пристрій, розкладаючий промені, діє разом з поширенням ультразвукового імпульсу в досліджуваному матеріалі таким чином, що до моменту подачі заряду від підсилювача на вертикальну пластинку 11 від відбитого імпульсу, електронний промінь закінчує своє переміщення по горизонталі. Отже, наприкінці цього шляху промінь прокреслить на екрані другий пік 9, який часто називають донним піком (донним імпульсом), тобто імпульсом відбитим від протилежної грані досліджуваного матеріалу. Після цього розкладаючий пристрій, змінюючи заряди на відхиляючих пластинках 12, гасить електричний промінь. Це необхідно для усунення відображення ходу променя назад. Одночасно відмикається генератор 12, знову вступаючи в дію. Він подає наступний короткочасний імпульс електричних зарядів на передаючу п'єзоелектричну пластинку, і цикл робіт починається з початку.

При наявності дефекту 14 ультразвуковий імпульс, поширюючись у досліджуваному матеріалі, досягне його раніше ніж протилежної грані матеріалу, і, відбившись, попаде на приймальну п'єзоелектричну пластинку раніше, ніж донний імпульс. Відбиток ультразвуку від дефекту також викликає коливання приймальної пластинки, на якій утворюються електричні заряди. Будучи підсилені, ці заряди раніше донного сигналу будуть подані на вертикальну пластинку, внаслідок чого електронний промінь у проміжку між початковим та кінцевим (донним) піком прокреслить ще третій пік 10 від дефекту. Відстань між Імпульсом, відбитим від дефекту, і двома крайніми імпульсами на екрані електронно-променевої трубки можуть служити для вимірювання глибини залягання дефектів у матеріалі.

## **Методика контролю деталей дефектоскопом**

1. Вставити щуп у гніздо приладу (рис. 3.6).

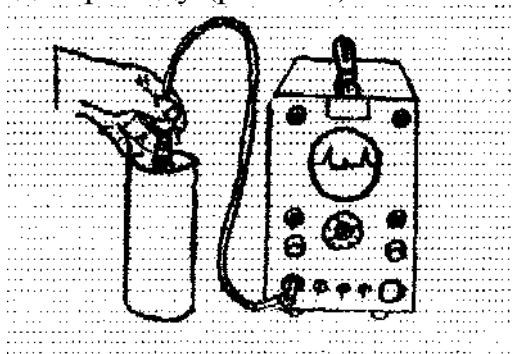


Рис. 3.6

2. З'єднати дефектоскоп з електричною мережею перемінного струму напругою 220 В і поворотом рукоятки "Яскравість" праворуч увімкнути напругу.
3. Три тумблери в нижньому ряду панелі поставити у нижнє, а тумблер "Розкладка" – в ліве положення.
4. Після прогріву ламп і з'явлення на екрані ліній розкладки рукояткою "Яскравість" прибрати лінію зворотного ходу променів, а рукояткою "Фокус" добитися контрастного зображення.
5. Рукоятку "Обмеження" поставити у ліве положення, рукоятками "Пуск" і "Зрушення" встановити початковий імпульс у ліву частину екрану.
6. Притиснути щуп до змазаної мастилом поверхні еталона. Додатково відрегулювати контрастність зображення.
7. Рукояткою "Зусилля" добитися видимості донного імпульсу.
8. Встановити щуп над дефектом і збільшити зусилля до появи сигналу від дефекту.

Після практичного засвоєння засобів дефектоскопії на еталоні, не змінюючи настройки дефектоскопа, провести контроль різних деталей.

## **Люмінесцентний метод**

Цей метод призначений для виявлення прихованих дефектів деталей, виготовлених з немагнітних сплавів і пластмас. Він заснований на властивості деяких речовин світитися при їх опромінюванні ультрафіолетовими променями.

Відомо, що світло, яке являє собою електромагнітні коливання, випромінюється і поглинається окремими квантами. Кількість енергії, яку містить квант, пропорційна частоті коливань.

Молекули речовин, поглинаючи квант електромагнітної енергії переходять у збуджений стан. При переході назад у нормальний стан молекула випромінює квант електромагнітної енергії. Однак втрати енергії на побічні процеси призводять до того, що квант, який випромінюється, матиме меншу енергію, ніж поглинутий. Тому довжина хвилі світла, що випромінюється молекулами, більша, ніж поглинутого. Описане явище називається фотолюмінісценцією.

У дефектоскопії використовується свічення (фотолюмінісценція) рідини, що проникає в поверхню дефекту. Під дією збуджуючого, невидимого для ока ультра-

фіолетового світла рідина, що знаходиться у порожнині дефекту, починає люмінесциувати, завдяки чому дефекти стають видимими.

На рис. 3.7 зображена загальна схема люмінесцентного методу дефектоскопії: 1 – досліджуваний виріб; 2 – дефект (тріщина) у виробі, порожнина якого заповнена люмінесцируючою речовиною; 3 – джерело ультрафіолетового світла; 4 – фільтр, що перепускає ультрафіолетове і затримує видиме світло; 5 – пучок ультрафіолетових променів; 6 – око спостерігача.

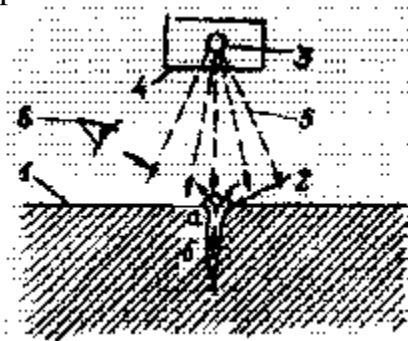


Рис.3.7

Для визначення поверхових дефектів деталей, що підлягає контролю, занурюють на 10-15 хв. у ванну з флуоресціюючою рідиною, потім промивають водою, просушують потоком теплого повітря, припудрюють силікагелем, який витягає з тріщин флуоресціюючу рідину на поверхню, опромінюють ультрафіолетовими променями ртутно-кварцевої лампи ПРК-2 або ПРК-4. При цьому порошок силікагелю буде яскраво світитися, виявляючи межі тріщин.

Як флуоресціюючу рідину застосовують суміш, що складається з гасу (50%), бензину (25%), трансформаторного масла (25%). На 1 л суміші додають 0,25 г флуоресціюючого барвника (дефектоля) або емульгатора ОП-7 у кількості 3 г на 1 л суміші.

У ремонтній практиці використовують стаціонарний дефектоскоп АЛД-2, Л-84.

### **Дефектоскоп Л-84**

Джерелом ультрафіолетового світла у цьому дефектоскопі є ртутно-кварцева лампа ПРК-4, яку вміщують у світлонепроникний футляр, закритий з нижнього боку прозорим для ультрафіолетових променів світлофільтром УВС-3.

Електронна схема включення лампи ПРК-4 приведена на рис. 3.8, де 1 – дросель; 2 – кнопка “Пуск”; 3 – лампа ПРК-4; 4 – світлофільтр; 5 – деталь, що перевіряється.

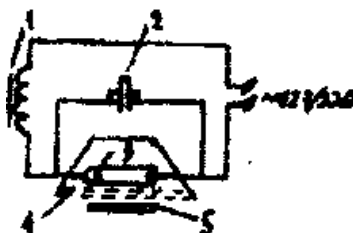


Рис. 3.8

Дефектоскоп має перемикач, за допомогою якого його вмикають у мережу з напругою 127 і 220 В.

Для запалення лампи необхідно включити тумблер і короткочасно натиснути кнопку 2 “Пуск”.

Контроль деталей слід робити тільки після нагріву лампи протягом 10-12 хв. Перед повторним включенням лампа повинна охолонути, що потребує близько 15 хв.

### ***Методика визначення прихованих дефектів***

1. Увімкнути лампу дефектоскопа для прогрівання.
2. Деталі, які підлягають, контролю, промити бензином і занурити у ванну з люмінофором на 8-10 хв.
3. Вийняти деталі з ванни і змити з їх поверхні залишки люмінофора струменем води під краном.
4. Висушити деталі теплим повітрям від вентилятора сушильної установки.
5. Оглянути деталь в ультрафіолетовому світлі. Дефекти виявляються за характерним зелено-жовтим світінням.
6. Місця дефектів відзначити кольоровим олівцем.
7. Вимкнути лампу дефектоскопа.

Для дефектоскопії рекомендується люмінофор такого складу: трансформаторне масло або МС – 20%, гас – 55%, бензин – 25%, дефектоль на 1 л суміші – 0,05 г.

Описаним способом знаходять тріщини шириною до 0,005-0,01 мм.

### ***Метод фарб (кольорової дефектоскопії)***

Цей метод заснований на властивості рідких фарб до взаємної дифузії. На контрольовану поверхню деталі (попередньо знежирену) наносять червоної фарби “Судан-3”. На 1 л суміші додають 10 г фарби “Судан-3”, розведеної гасом (80%) і трансформаторним маслом (15%), скипидар (5%). Фарба проникає у щілину. Потім її змивають розчинником і наносять на поверхню білу суспензію, до складу якої входять окис магнію; силікагель, тальк марки А, каолін, крейда, свинцеве білило, фарби “М” НЦ-523, НЦ-524. Через кілька секунд на білому фоні з'являється рисунок тріщин, збільшених у декілька разів.

Метод фарб досить надійний і дозволяє виявити поверхні тріщини на деталях з чорних і кольорових сплавів.

### ***Метод опресування***

Цей метод застосовують для виявлення прихованих дефектів у порожнистих деталях. Опресування деталі проводять водою (гідравлічний метод) і стиснутим повітрям (пневматичний метод).

Метод гідравлічних випробувань використовують для виявлення тріщин.

Випробування виконують на спеціальному стенді, що забезпечує герметизацію усіх отворів. Про наявність тріщин судять по підтіканню води.

Метод пневматичного випробування необхідний при контролі деталі на герметичність (трубопроводи систем). Порожнечу систем заповнюють стиснутим повіт-



рям під тиском, що відповідає технологічним умовам на випробування, потім занурюють у ванну з водою,

### **Технологічна інструкція для виконання роботи**

1. При підготовці до лабораторної роботи:
  - ✓ проробити лекційний матеріал з дефектації;
  - ✓ ознайомитися із зразками засобів дефектації, що є в наявності в лабораторії;
  - ✓ викреслити таблицю, що відображає послідовність виявлення прихованих дефектів.
2. Викладачеві перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.
3. При виконанні роботи:
  - ✓ ознайомитися з робочими місцями для використання магнітних, ультразвукових, люмінесцентних методів дефектоскопії і методу фарб,
4. Перевірити за описом комплектність засобів дефектації на кожній ділянці, після чого підготувати їх до роботи.
5. Засвоїти методику виявлення прихованих дефектів за допомогою дефектоскопів.
6. Занести до табл. 3.1 необхідні вихідні, тактико-технічні та інші дані засобів дефектоскопії.
7. Зробити висновки. Оформити звіт.
8. Привести у початкове положення прилади, перевірити їх комплектність.
9. Здати робоче місце представникові лабораторії.
10. Захистити результати роботи:
  - ✓ показати викладачу бланк звіту із заповненою табл. 3.1 і схемами існуючих різновидів дефектоскопів;
  - ✓ знати основні характеристики дефектоскопів, їх технічні можливості і порядок роботи з ними.
  - ✓ Таблиця 3.1

Тактико-технічні дані засобів дефектації

№ п/п	Найменування засобів дефектоскопії	Різновиди основних дефектоскопів	Типи існуючих промислових зразків	Поширеність на ремонтних баз РС	Складові елементи, тактико-технічні характеристики				
					Чутливий елемент	Ресурсний орган	Джерело живлення, величина напруги	Склад до-поміжних речовин	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

### ***Контрольні запитання***

1. Сутність магнітного методу дефектоскопії?
2. Спосіб намагнічування і види дефектів, що виявляються магнітним методом дефектоскопії?
3. Сутність люмінесцентного методу дефектоскопії?
4. Область використання і види дефектів, що виявляються методом дефектоскопії?
5. Сутність ультразвукового методу дефектоскопії?
6. Область використання ультразвукової дефектоскопії?
7. Сутність методу фарб?
8. Сутність методу опресування, область використання?

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІНИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕФЕКТУЄМИХ ПРУЖНИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

### ***Мета роботи***

1. Закріпити теоретичні знання з дефектації пружних елементів, встановлених на рухомому складі міського електротранспорту.
2. Вивчити методи і засоби, що використовуються при визначенні зміни фізико-механічних властивостей дефектуємих пружних елементів.

### ***Зміст роботи***

1. Вивчити конструктивні особливості пружних елементів, особливості їх роботи в умовах експлуатації та можливі дефекти.
2. Вивчити вимоги керівних документів з дефектації пружних елементів.
3. Вивчили технологічне оснащення робочого місця з дефектації пружних елементів.
4. Вивчити методику дефектації пружних елементів.
5. Виконати встановлений обсяг дефектовочних робіт.
6. Оформити звіт з лабораторної роботи.

### ***Загальні положення***

У процесі експлуатації рухомого складу зміни фізико-механічних властивостей деталей найбільш часто виявляються у зниженні їх твердості й зменшенні пружних властивостей. Пружні властивості деталей зокрема, знижуються в наслідок стомленості металу і виявляються у всіх пружних елементах.

Серед різноманітних видів пружних елементів, встановлених на рухомому складі міського електротранспорту, найбільше поширення набули циліндричні гвинтові пружини, які працюють як на стиск так і на розтягання. Вони можуть бути з'єднані послідовно, паралельно і комбіновано.

Конструктивними елементами пружин стиску, як видно з рис. 4.1, є опорні й робочі витки. На цьому ж рисунку також наведені параметри пружини, їх звичайно показують у вигляді табл. 4.1.

Якість гвинтової циліндричної пружини визначається її вертикальною пружною характеристикою, що являє собою залежність величини деформації стиску або розтягу пружини  $\Delta$  від осьового навантаження  $P$ , тобто  $\Delta = f(P)$ :

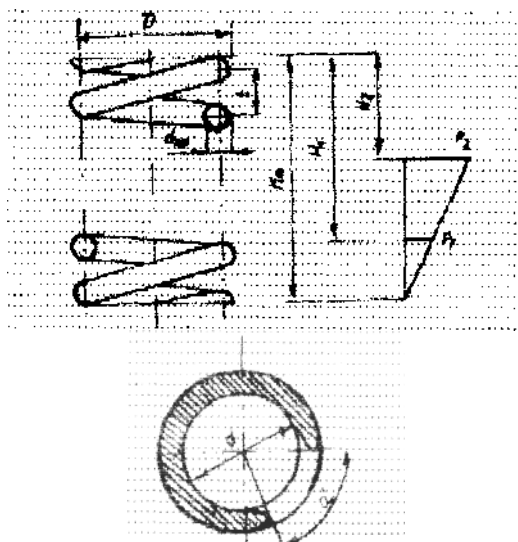


Рис. 4.1 - Конструктивні елементи пружини

Таблиця 4.1

Основні параметри пружин

№	Параметри пружин	Номери пружин і величини їх парамет-			
1	2	3	4	5	6
1.	Довжина у вільному стані $H_0$ ,				
2.	Кількість робочих витків $n$ , шт				
3.	Крок $i$ , шт				
4.	Діаметр дроту $d$ , мм				
5.	Діаметр зовнішній (середній) $D_3$ , мм.				
6.	Діаметр внутрішній (по опо- рах витків) $D_{вн}$ , мм				
7.	Тип (умови роботи)	Гвинтова, циліндрич- на, стиск	Гвинтова, ци- ліндрична, ро- зтяг		
8.	Місце встановлення на рухо- мому складі				

Розрахункове значення осьового навантаження визначають за формулою:

$$P = \frac{\Delta \cdot G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3}, \quad (4.1)$$

де  $P$  – осьове навантаження, Н;

$\Delta$  – деформація (прогин) пружини мм;

$G$  – модуль пружності матеріалу дроту, Н/мм<sup>2</sup> (Па), що знаходиться у межах (8-8,5)·10 Н/мм<sup>2</sup>;

$d$  – діаметр дроту, мм;

$D$  – середній діаметр пружини, м;

$n$  – кількість робочих витків, шт.

Пружні властивості пружин прийнято характеризувати жорсткістю (коефіцієнт жорсткості).

Жорсткістю  $J$  називають похідну від навантаження на пружний елемент, за викликаємому прогином (деформації), тобто  $J = dP/d\Delta$ .

Розрахункове значення жорсткості  $J_p$  визначають за формулою:

$$J_p = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot n \cdot D^3}. \quad (4.2)$$

Жорсткість комплекту  $J_k$  паралельно включених пружин дорівнює сумі жорсткостей пружин, що входять до комплекту.

При послідовному з'єднанні пружин жорсткість комплекту визначають за формулою:

$$\frac{1}{J_k} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{J_i}. \quad (4.3)$$

Гвинтові циліндричні пружини для рухомого складу виготовляють з пружинної сталі марки 55С і 60С2. Для цих сталей напруга від статичного навантаження складає  $\tau = (450-500)$  МПа, від динамічного  $\tau_{d,max} = 650$  МПа, межа текучості дорівнює  $\tau_{тек} = 750$  МПа

Розрахунки на тривалість пружин ведуть по напругах, що виникають у витках. Кожний виток пружини працює на два основних види деформації-кручення і зріз, що характеризуються відповідно дотичною напругою і напругою перерізуючої сили  $\tau_{ср}$ .

Дотичні напруги при крученні знаходять за формулою:

$$\tau_{кр} = \frac{\kappa_1 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot d^3}, \text{ МПа}, \quad (4.4)$$

де  $\kappa_1$  – коефіцієнт, що враховує вплив кривизни витків, який визначають за допомогою аналітичного виразу

$$\kappa_1 = 1 + 1,25 \cdot \left( c + \frac{0,875}{c^2} + \frac{1}{c} \right),$$

де  $c = D/d$  – індекс пружини:

$M = P \cdot D/2$  – кружний момент;

$W_p = \pi \cdot d^3/16$  – полярний момент опору перерізу витка.

Припустимо, що дотичні напруга від перерізуючої сили рівномірно розподіляються по переріз прутка. Величину цих напруг визначають за формулою:

$$\tau_{ср} = P / F_{пр}, \quad (4.5)$$

де  $F_{пр}$  – поперечний переріз дроту пружини.

Сумарна дотична напруга у витку пружини  $\tau$  дорівнює

$$\tau = \tau_{кр} + \tau_{ср} \quad (4.6)$$

У процесі експлуатації в пружинах, окрім втрати пружності, деформуються витки, порушується їх концентричність, відбувається знос опорних витків, змінюються довжина і крок, виникають тріщини та відломи.

У керівних документах викладені технічні вимоги з дефектації пружин, зокрема:

- ✓ відхилення від розмірів, вказаних кресленнях, не повинно перевищувати за зовнішнім діаметром 0,2-0,4 мм, а за кількістю витків – 0,1 витка;
- ✓ кінцеві витки пружини повинні бути завиті в замкненому кільці і зашліфовані перпендикулярно до утворюючої поверхні пружини на довжині не менше 0,75 довжини кола;
- ✓ зазор  $S$  між кінцевими й робочими витками не повинен перевищувати 3% від номінального кроку між робочими витками, тобто  $S = 0,03 \cdot t$ ;
- ✓ відхилення від перпендикулярності опорних поверхонь пружини у вільному стані до її утворюючої  $\Delta_{\text{НЕК}}$  не повинно перевищувати 1-30, тобто  $\Delta_{\text{НЕК}} \leq 0,01 \cdot H_0$ ;
- ✓ опорні поверхні повинні буди плоскими за довжиною не менше  $\frac{3}{4}$  довжини кола кінцевого витка;
- ✓ кінці опорних витків пружини повинні мати товщину не менше 15% від діаметра дроту, тобто  $h \geq 0,15 \cdot d$ ;
- ✓ витки пружини повинні бути концентричними між собою, відхилення від концентричності  $\Delta_{\text{НЕК}}$  (тобто овальності) не повинно перевищувати 2% від середнього діаметра, тобто  $\Delta_{\text{НЕК}} \leq 0,02 \cdot D_{\text{ср}}$

При обтисненні навантаженням пружина не повинна мати залишкових деформацій. Відхилення навантажень від номінальних не повинні перевищувати 6%.

### ***Обладнання і оснащення робочого місця***

Обладнання і оснащення робочого місця включає: лабораторний стіл, контрольно-повірочна плита, пристрій для оцінки пружних властивостей пружин, лупа чотирикратного збільшення, штангенциркуль ШЦ-11-200-0.05 (Держстандарт 4381-87), металева лінійка (Держстандарт 427-75), кутник (Держстандарт 3749-77), набір шурупів, комплект пружин – еталонна (нова), зношена (вибракувана), довідкова література, керівні документи.

### ***Опис пристрою для оцінки пружних властивостей пружин***

Цей пристрій являє собою гвинтовий прес (рис. 4.2) і складається з рами 1, що має гайку 2 і гвинт 3 з рукояткою 4. Гвинт крізь вимірювальний пристрій 5 спирається на траверсу 6 з указанням деформації 8 пружного елемента (пружини) 9 по лінійці 10.

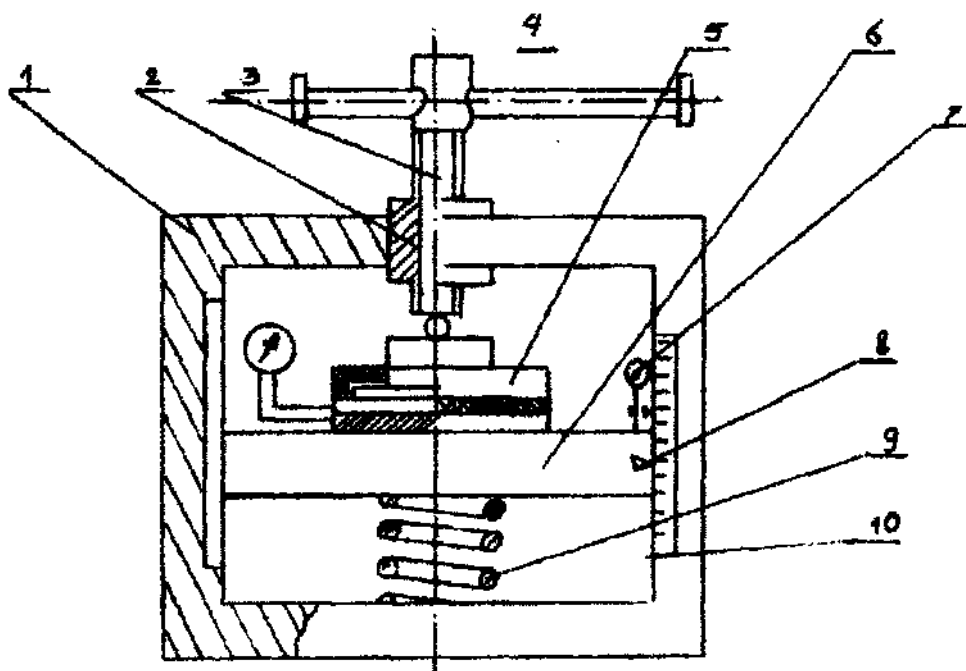


Рис. 4.2 – Схема пристрою для оцінки властивостей пружини

**Вимірювальний пристрій** – це мездоза, за допомогою якої визначають зусилля на кожному кроці впливу на пружний елемент. Вона складається з корпусу 11 з порожниною для масла, з зачиненою діафрагмою 12 з маслостійкої гуми з кришкою 13. У кришці розташований поршень 14, який діючи на діафрагму, створює тиск у порожнині мездози пропорційно зусиллю гвинта.

Вимірюючи тиск за манометром 15 і знаючи діаметр поршня мездози  $d_M = 80$  мм неважко визначити зусилля впливу на пружину за формулою:

$$P = F \cdot 9,81, \text{ Н} \quad (4.7)$$

де  $F = \frac{\pi \cdot d_M^2}{4}$  – площа поршня,  $\text{см}^2$ , ( $F = 50,26 \text{ см}^2$ ),

$P$  – показання манометра,  $\text{кгс/см}^2$ .

Треба зробити поетапне навантаження і розвантаження пружини, заносючи показання манометра і результати деформації в табл. 4.2, а потім обчислити величину зусиль і переміщень.

Таблиця 4.2

Результати вимірювання

Вид навантаження	№ п/п	Деформація		Зусилля $P$	
		Покази вказівки	Справжня величина деформації	Покази манометра	Справжня величина зусилля
Навантаження					
Розвантаження					

## **Методика експериментального визначення жорсткості пружин**

Сутність цієї методики полягає в наступному:

- ✓ пружину встановити строго по центру на основі пристрою, накласти зверху на досліджувану пружину траверсу,
  - ✓ встановити на траверсу 6 динамометр або мездозу 5;
  - ✓ на верхню площадку динамометра або на поршень мездози в лунку встановити сталеву кульку;
  - ✓ підвести гвинт 3 до кульки і вибрати всі зазори у набраному з'єднанні (траверса, пружні елементи), (величину осідання  $H_0$  див. на рис. 4.1);
  - ✓ за лінійкою відмітити початкове положення;
  - ✓ при використанні індикатора 7 встановити його стрілки – велику на «0», а малу на 10;
  - ✓ обертаючи гвинт 3, створити зусилля навантаження на пружину;
  - ✓ величину зусилля навантаження або розвантаження при стиску або розтягу пружини контролювати за динамометром (мездозою) 5;
  - ✓ величину зусилля пружини встановлювати за вказівкою викладача. При цьому при максимальному навантаженні  $P_{\max}$  змикання витків пружини не допускається;
  - ✓ зняття навантаження робити шляхом обертання рукоятки 4 у зворотній бік.
- Для достовірності результатів експеримент повторити 2-3 рази.

## **Технологічна інструкція для виконання роботи**

1. Підготувати дані в ході домашньої підготовки:
  - 1.1.Знати основні типи пружин, встановлюваних на рухомому складі.
  - 1.2.Вивчити параметри, що характеризують технічний стан опорних, робочих вінків і пружин в цілому.
  - 1.3.Вивчити вимоги керівних документів з дефектації пружин.
  - 1.4.Вивчити пристрій для оцінки пружних властивостей пружини і методу визначення жорсткості з його використанням.
  - 1.5.Викреслити на бланкові звіту таблицю 4.1, 4.2 і 4.3 за формою “Карти дефектації”
2. Викладачеві перевірити готовність студентів до проведення лабораторної роботи.
3. Ознайомитися з робочим місцем, усвідомити його спеціалізацію, технологічне оснащення, типи досліджуваних пружин.
4. Черговому на кожному робочому місці перевірити за описом його комплектистність.
5. Підготувати початкові дані для дефектоскопії пружин, для чого:
  - 5.1.виміряти величини параметрів, дефектних пружин. Результати занести до табл. 4.1;
  - 5.2.зіставити результати вимірювань з вимогами креслення, значеннями еталонної пружини, з'ясувати при цьому тип і призначення пружини;



5.3.використовуючи керівні документи та довідкову літературу, визначити величину допустимих відхилень від технічних вимог заданого типу пружини і записати у звіт в графу “Вимоги робочого креслення”:

- ✓ по робочих витках зовнішній діаметр, діаметр дроту, жорсткість і цілісність, крок;
- ✓ по опорних витках: внутрішній діаметр, товщину кінця витка, шорсткість і цілісність, площинність;
- ✓ по пружині в цілому: концентричність витків до утворюючої пружини, зазор між опорними і робочими витками, перпендикулярність опорних витків до утворюючої пружини, зусилля стиску на заданій довжині, довжину у вільному стані.

5.4.Визначити спосіб встановлення відхилення від вимог креслення (дефектів), інструмент, який при цьому застосовують, занести відповідь у карту дефектації.

6. Визначити технічний стан пружини.

6.1.За допомогою лупи обдивитися робочі й опорні витки пружини, встановити наявність вибраковочних ознак, а при їх відсутності – місця розташування і характер зносів, корозій, пошкоджень.

6.2.Зіставляючи дані вимірювань з вимогами робочого креслення і допустимими відхиленнями, зробити висновок про категорію стану пружини за інструментальним контролем).

7. Користуючись максимальними напругами у витку  $\tau_{\text{дmax}} = 650 \text{ МПа}$ , за допомогою виразів (4.4-4.6) визначити максимальне допустиме зусилля стиску пружинні  $P_{\text{max}}$ .

8. Користуючись виразами (4.1) і (4.2) встановити чисельне значення теоретичної жорсткості  $J_{\text{т}}$  заданого викладачем типу пружини і її розрахункову характеристику.

9. Зробити поетапне навантаження і розвантаження нової (еталонної) і дефектуємої пружин, заносючи покази манометра і указання деформації в табл. 4.2, а потім обрахувати дійсні причини зусиль і деформацій.

10. Користуючись результатами розрахунку і експерименту побудувати графік розрахункової вертикальної пружної характеристики і графіки вертикальних пружних характеристик еталонної і дефектуємих пружин одного типу.

11. За експериментально отриманими вертикальними пружними характеристиками пружини визначити числові значення дійсної жорсткості еталонної  $J_{\text{де}}$  і дефектуємої  $J_{\text{да}}$  пружини.

12. Порівняти чисельне значення жорсткостей  $J_{\text{т}}$ ,  $J_{\text{де}}$ ,  $J_{\text{да}}$ . При цьому слід пам'ятати, що, по-перше, зменшення жорсткості пружини свідчить про втрату її пружних властивостей, по-друге, залишкова деформація пружини допускається.

13. За результатами огляду, вимірювань, зіставлення значень жорсткості вертикальних пружних характеристик пружини заданого типу остаточно вирішити питання про її придатність.

14. Забезпечити організаційно-технічне обслуговування робочого місця, після чого робоче місце і технологічне його оснащення здати представникові лабораторії.

15. Оформити звіт, захистити результати лабораторної роботи, відповісти на теоретичні питання за її темою.

***У зміст звіту входить:***

- ✓ ескіз дефектної пружини (рис. 4.1);
- ✓ таблиця початкових даних (табл. 4.2);
- ✓ таблиця експериментальних даних (табл. 4.2);
- ✓ карта дефектації (табл. 4.3);
- ✓ результати розрахунку жорсткості і вертикальної пружної характеристики;
- ✓ графічне зображення на одному рисунку розрахункової і експериментально отриманих характеристик заданого типу пружин.

***Контрольні запитання***

1. Перерахуйте найбільш поширені дефекти деталей.
2. Назвіть основні причини, які можуть призвести до зміни фізико-механічних властивостей.
3. У чому виявляються порушення фізико-механічних властивостей матеріалу; способи визначення цих порушень?
4. Перерахуйте основні параметри пружини, розкрийте їх фізичну сутність.
5. Перерахуйте технічні вимоги до елементів пружини.
6. Назвіть можливі дефекти пружини, способи і засоби їх визначення.
7. Чим характеризується якість витої циліндричної пружини.
8. Який фізичний зміст поняття жорсткості пружини, методика її визначення?

# ДО ЗВІТУ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ № 4

Найменування деталі – пружина  
Тип РС –  
Марка агрегату

## КАРТА ДЕФЕКТАЦІЇ

Номер деталі за каталогом –  
Матеріал виготовлення –  
Твердість –

Таблиця 4.3

№ п/п	КОНСТРУКТИВНІ елементи деталі	Вимоги робочого креслення або технічних умов, мм	Дійсний стан елемента деталі, мм	Спосіб усунення дефекту, застосований інструмент	Висновок (брак, або без ремонту)
1	Робочі деталі	1.1 Діаметр дроту $d_{др}$ 1.2 Якість поверхні: виробка, тріщини не допускаються 1.3 Крок постійний $t=$	1.1 $d_{др} =$ 1.2 1.3 $t =$	1.1 ШЦ-11-200-0.05 1.2 Лупа 1.3 ШЦ-11-200-0.05	
2	Опорні витки	2.1 Внутрішній діаметр $D_{вн} =$ 2.2 Товщина кінця витка $h > 0,15d_{др}$ 2.3 $Ra = 1,25 \dots 2,5$ 2.4 Площинне хитання витка на контр. плити не допускається	2.1 $D_{вн} =$ 2.2 $h=$ 2.3 Рівна матова поверхня без слідів виробки 2.4 Хитання витків не відчувається	2.1 ШЦ-11-200-0.05 2.2 ШЦ-11-200-0.05 2.3 Лупа 2.4 Контрольно-повірочна плита	
3	Пружина	3.1 Довжина у вільному стані $H_0 =$ 3.2 Довжина $H_1 =$ під навантаженням $p_1 =$ 3.3 Кількість витків $n =$ 3.4 Неконцентричність витків $\Delta_{нек} \leq 0,02D_{ср}$ 3.5 Неперпендикулярність опорн. витка до утвор. пружини 3.6 Зазор між опорними і робочими витками $S < 0,03t$	3.1 $H_0 =$ Залишкова деформація у межах допуску 3.2 $H_1 =$ при $P_1=$ 3.3 $n =$ 3.4 Витки неконцентричні = що $> \text{або} < 0,02D_{ф}$ 3.5 = , що $> \text{або} < 0,01H_0$ 3.6 $S =$ , що $> \text{або} < 0.03t$	3.1 ШЦ-11-200-0.05 3.2 Пристрій 3.3 Розрахунок 3.4 Контрольно-повірочна плита, кутник, щуп 3.5 Те саме 3.6 Щуп	

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5. ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ РЕ- МОНТНОГО РОЗМІРУ І ЙОГО КІЛЬКОСТІ ПРИ ВІДНОВЛЕНІ ДЕ- ТАЛЕЙ СЛЮСАРНО-МЕХАНІЧНОЮ ОБРОБКОЮ**

### ***Мета роботи***

1. Закріпити теоретичні знання з відновлення деталей рухомого складу слюсарно-механічною обробкою;
2. Опанувати методику визначення величини ремонтного розміру і його кількості при відновленні деталей слюсарно-механічною обробкою;
3. Закріпити отримані практичні навички з вимірювання величини зносу робочої поверхні деталей.

### ***Зміст роботи***

1. Знати види і кількість конструктивних елементів деталей, що відновлюються, величину зносу яких треба визначити.
2. Вивчити методику визначення величини ремонтного розміру і його кількості при відновленні слюсарно-механічною обробкою.
3. Визначити засоби і способи виміру зносу відновлюваних деталей.
4. Визначити за допомогою вимірювальних приладів і за встановленою Держстандартом методикою величину дійсного максимального зносу внутрішньої і зовнішньої робочих поверхонь відновлених деталей за діаметром  $I_{\max}$  за міжремонтний період.
5. Обґрунтувати вибір коефіцієнта нерівномірності зносу  $\beta$ .
6. Визначити максимальний знос циліндричної робочої поверхні на бік  $I_{\max}$ .
7. Визначити величину діаметру внутрішньої циліндричної робочої поверхні (отвору) відновлюваної деталі при її максимальному зносі.
8. Визначити величину діаметру зовнішньої циліндричної робочої поверхні (вала) відновлюваної деталі при її максимальному зносі  $d_{\min}$ .
9. За робочим кресленням визначити відповідно значення діаметра отвору  $D_n$  і вала  $d_n$ , на початку експлуатації.
10. Усвідомити необхідність і чисельне значення припуску на механічну обробку на бік  $Z$ .
11. Усвідомити, що називають міжремонтним інтервалом; який аналітичний спосіб його визначення –  $\gamma$ .
12. Визначити величину першого і подальших ремонтних розмірів для зовнішніх  $D_{p1}, D_{p2}, \dots, D_{pn}$  і внутрішніх  $d_{p1}, d_{p2}, \dots, d_{pn}$  циліндричних поверхонь і відповідно їх число  $n_o, n_b$ .

### ***Обладнання і оснащення робочого місця***

1. Контрольно-повірочна плита.
2. Штангенциркуль: ШЦ-11-160-0, ШЦ-11-200-0.05.

3. Мікрометр гладкий: МК-25, МК-50, МК-75, МК-100 (Держстандарт 6507-78).

4. Індикаторний нутромір: НІ-28-50, НІ-50-100, НІ-100-160 (Держстандарт 866-89).

5. Металева лінійка.

6. Відновлювані деталі.

### ***Технологічна інструкція для виконання роботи***

1. Усвідомити особливості конструктивних елементів відновлюваних деталей.

2. Записати у бланк звіту найменування заданих викладачем відновлюваних деталей, прилади для вимірювання початкових даних.

3. Викладачеві перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.

4. Ознайомитися з робочим місцем, усвідомити призначення, будову обладнання, приладів і інструменту, зміст ремонтної документації і довідкової інформації. Перевірити за описом комплектність інструменту і підготувати його до роботи.

5. За допомогою індикаторного нутроміра заміряти внутрішній діаметр робочої поверхні відновлюваної деталі (отвору)  $D_m$  у поясах 1-1, 2-2, 3-3 і. взаємно перпендикулярних площинах згідно з Держстандартом (див. рис. 1.1). Перед вимірюванням діаметра необхідно налагодити індикаторний нутромір на базовий розмір (див. додаток 1),

6. Зробити аналогічні виміри зовнішнього діаметра (вала)  $d_n$  за допомогою мікрометра. Попереднє настроювання мікрометра зробити згідно з рекомендаціями, викладеними в додатку 2.

7. За допомогою робочих креслень установити відповідні чисельні значення діаметрів отвору  $D_n$  і вала  $d_n$  відновлюваних деталей на початку експлуатації рухомого складу,

***Примітка: чисельне значення діаметра робочих поверхонь за кресленням задається викладачем.***

8. Для кожного поясу робочих поверхонь відновлюваних деталей визначити величину дійсного зносу за діаметром міжремонтний період  $I_m$ .

Проаналізувати отримані результати і обґрунтувати чисельне значення максимального зносу вала або отвору за діаметром  $I_{m \max}$ .

9. Обґрунтувати вибір коефіцієнта нерівномірності зносу:

$$\beta = \frac{I_{\max}}{I_{m \max}} = 0,5 \dots 1; \quad (5.1)$$

$$I_{m \max} = I_{\max} + I_{\min},$$

де  $I_{\max}$ ,  $I_{\min}$  – максимальний і мінімальний зноси робочих поверхонь деталей (вала і отвору) на бік (рис. 5.1).

**Примітка:** чисельне значення коефіцієнта нерівномірності задається викладачем.

10. Визначити максимальний знос робочих поверхонь деталей (вала і отвору) на бік:

$$I_{\max} = \beta \cdot I_{\max} \quad (5.2)$$

11. Обґрунтувати величину припуску  $Z$  на механічну обробку в залежності від її виду. При цьому слід враховувати, що при числовій обробці і розточці припуск складає (0,5...0,1) мм на бік, а при шліфуванні – (0,003...0,05) мм на бік.

12. Знайти значення міжремонтного інтервалу:

$$\gamma = 2 \cdot (I_{\max} + Z) \quad (5.3)$$

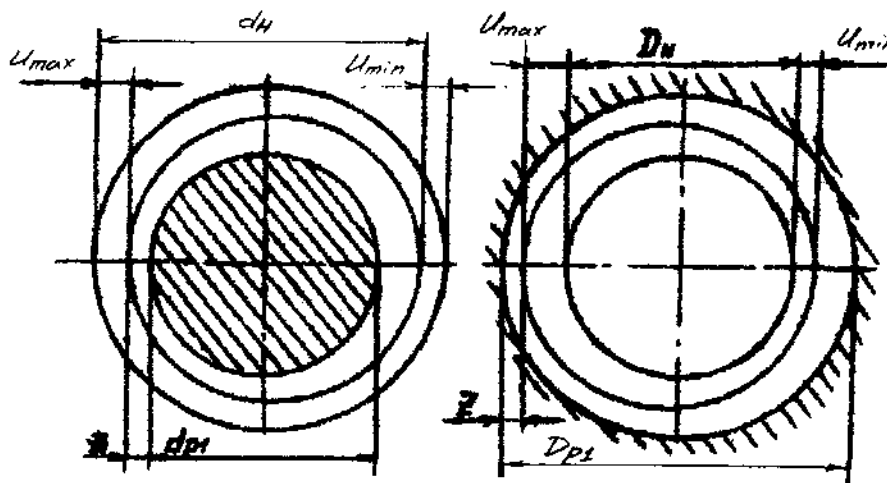


Рис. 5.1 – Визначення ремонтних розмірів

13. Визначити величину першого і подальшого ремонтних розмірів для зовнішніх  $D_{p1}, D_{p2}, \dots, D_{pn}$  і внутрішніх  $d_{p1}, d_{p2}, \dots, d_{pn}$  циліндричних поверхонь і відповідно їх кількість (число) –  $n_o, n_b$ ;

$$D_{p1} = D_n + 2 \cdot (I_{\max} + Z) = D_n + \gamma;$$

$$D_{p2} = D_n + 2 \cdot \gamma; \quad (5.4)$$

$$D_{pn} = D_n + n \cdot \gamma$$

$$d_{p1} = d_n - 2 \cdot (I_{\max} + Z) = d_n - \gamma;$$

$$d_{p2} = d_n - 2 \cdot \gamma; \quad (5.5)$$

$$d_{pn} = d_n - n \cdot \gamma$$

$$n_o = \frac{(D_{\max} - D_n)}{\gamma};$$

$$n_b = \frac{(d_{\max} - d_n)}{\gamma}$$

(5.6)

Максимальний діаметр отвору і мінімальний діаметр вала визначають, виходячи з умов міцності деталі або з мінімально допустимої товщини шару хіміко-термічної обробки поверхні деталі.

14. Результати експериментально-розрахункових даних занести до табл. 4.1.

15. Зробити висновок згідно з вимогами, викладеними в “Керівництві з проведення капітального ремонту рухомого складу”.

16. Забезпечити організаційно-технічне обслуговування робочого місця. Здати робоче місце представникові лабораторії

17. Оформити звіт і захистити результати роботи, для чого показати викладачеві:

- ✓ ескізи відновлюваних деталей з указанням поясів замірів;
- ✓ заповнити бланк звіту.

### ***Контрольні запитання***

1. Яке місце технологічного процесу відновлення в ремонті рухомого складу?
2. Де на ремонтних базах рухомого складу відновлюють деталі?
3. Перерахуйте основні способи відновлення деталей.
4. Які види слюсарно-механічної обробки котрими використовуються при відновленні деталей ?
5. У чому полягає практичне рішення відновлення деталей методом ремонтних розмірів ?
6. Яка методика визначення величин ремонтних розмірів: а) для вала; б) для отвору ?
7. Викладіть технологічний процес відновлення деталей методом: а) ремонтних розмірів; б) постановки додаткової ремонтної деталі.
8. Як визначити кількість ремонтних розмірів: а) для вала; б) для отвору?
9. Які переваги і недоліки методу ремонтних розмірів ?
10. Які переваги і недоліки методу постановки додаткових ремонтних деталей?

Таблиця 5.1

Результати замірів та розрахунків

№ п/п	Конструктив- ний елемент деталі	Поясне вимі- рюван- ня	Плоске вимі- рюван- ня	$D_m,$ $d_m,$ мм	$D_n,$ $d_n,$ мм	$I_m,$ мм	$I_{mmax},$ мм	$B = \frac{I_{max}}{I_{mmax}}$	$Z,$ мм	$D_{p1},$ $d_{p1},$ мм	$D_{p2},$ $d_{p2},$ мм	$D_{max},$ $d_{min},$ мм	$n_o,$ $n_b,$ шт
1	Циліндрична внутрішня робоча повер- хня (отвір)	1-1	$A_1-A_1$ $B_1-B_1$										
		2-2	$A_2-A_2$ $B_2-B_2$										
		3-3	$A_3-A_3$ $B_3-B_3$										
2	Циліндрична зовнішня ро- боча поверхня (вал)	1-1	$A_1-A_1$ $B_1-B_1$										
		2-2	$A_2-A_2$ $B_2-B_2$										
		3-3	$A_3-A_3$ $B_3-B_3$										



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ РУХОМОГО СКЛАДУ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ЗВАРЮВАННЯМ І НАПЛАВКОЮ ПІД ФЛЮСОМ І В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ

### Мета роботи

1. Ознайомитися з методами, обладнанням, матеріалами і технічними можливостями зварювання і наплавки під флюсом і в середовищі захисних газів при відновленні деталей рухомого складу (РС) міського електротранспорту (МЕТ).
2. Отримати практичні навички при виборі параметрів, характеризуючих режим, відновлення деталей зварюванням або наплавкою під флюсом і в середовищі захисних газів;
3. Отримати практичні навички з розробки операційних карт (ОК) при відновленні деталей різними способами зварювання і наплавки.

### Загальні положення

Зварювання і наплавка є найбільш поширеними способами відновлення деталей РС МЕТ. З використанням цих способів відновляються біля 70% усіх деталей. Зварювання використовують для усунення механічних пошкоджень, а наплавку – для усунення зміни розмірів і геометричної форми робочих поверхонь деталей.

Велике різноманіття форм з способів відновлення деталей обумовлює необхідність використання в ремонтному виробництві РС МЕТ різних видів зварювання і наплавки. Частіше знаходять використання способи зварювання і наплавки наведені у табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Способи відновлення деталей зварюванням і наплавкою

Спосіб відновлення	Область застосування
1	2
Зварювання: – ручне дугове;	Зварювання тріщин, приварювання обломів, приварювання накладок, вставок, латок, наплавлення, зносостійких матеріалів.
– автоматичне і механізоване дугове;	Зварювання тріщин, приварювання обломів, накладок, вставок, латок, зварювання тонкого листового матеріалу.
– аргонодугове;	Зварювання і наплавлення деталей, що виготовлені з алюмінію і корозієстійкої сталі.

1	2
<ul style="list-style-type: none"> <li>– газове;</li> <li>– контактне;</li> <li>– ультразвукове;</li> <li>– ковальське.</li> </ul>	<p>Зварювання тріщин, приварювання обломів, зварювання тонколистового матеріалу.</p> <p>Зварювання тонколистового матеріалу.</p> <p>Зварювання кольорових металів, сталі, малогабаритних деталей.</p> <p>Зварювання невідповідальних деталей з невисокою точністю при підвищених вимогах до міцності зварювального з'єднання</p>
<p>Наплавлення:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– дугове під флюсом</li> <li>– дугове в середовищі вуглекислого газу;</li> <li>– дугова з газопламенним захистом</li> <li>– вібродугове;</li> <li>– дугове з використанням порошкового дроту або стрічки;</li> <li>– дугове в середовищі аргону;</li> <li>– газове;</li> </ul>	<p>Наплавлення деталей діаметром більше 50 мм при підвищених вимогах до якості наплавленого матеріалу з товщиною наплавленого шару більше 1 мм.</p> <p>Наплавлення сталевих деталей діаметром більше 16 мм широкої номенклатури.</p> <p>Наплавлення сталевих і чавунних деталей, що працюють у різних умовах</p> <p>Наплавлення сталевих деталей, що працюють в різних умовах при невисоких вимогах до опору втомленості.</p> <p>Наплавлення зносостійких шарів на деталях, які працюють в умовах інтенсивного абразивного зношування, ударних навантажень у вузлах тертя.</p> <p>Наплавлення алюмінієвих деталей та деталей із корозієстійкої сталі.</p> <p>Наплавлення циліндричних і профільних поверхонь з місцевим зносом при підвищених вимогах до зносостійкості.</p>

У ремонтному виробництві рухомого складу 85% деталей і складальних одиниць відновлюють з використанням електродугового зварювання, наплавки, і тільки 15% - газовим зварюванням, а з усіх способів електродугового зварювання – наплавки - зварювання і наплавка під флюсом у середовищі вуглекислого газу, аргону.

## Ручне дугове зварювання і наплавка

Ручне дугове зварювання і наплавка виконують, як правило, металевими електродами при живленні дуги постійним або змінним струмом. Електрична дуга постійного струму більш стабільна, крім того це зварювання можна проводити при прямій або зворотній полярності (при прямій полярності до відновлюваної деталі подають позитивний потенціал, тобто приєднують її до плюсового затискача джерела енергії).

Джерелом постійного струму є перетворювачі, випрямлячі й агрегати з приводом від двигуна внутрішнього згорання; джерелом змінного струму є зварювальні трансформатори.

Для зменшення негативного впливу різних факторів при відновленні деталей ручним зварюванням і наплавкою використовують електроди з обмазкою.

Електроди для зварювання позначають літерою «Е» і двома цифрами, наприклад Е-42. Цифри після літери свідчать про міцність шва на розрив.

Наплавочні електроди спеціального призначення позначають трьома літерами і двома цифрами, наприклад, ЕНР-62. Розшифровується це так: електрод для наплавки ріжучого інструменту, забезпечує твердість шару HRC 62.

Кожному типу електрода можуть відповідати декілька марок обмазки. Обмазки електрода за складом підрозділяють на кислі Р, рутилові Т, фтористо-кальцеві Ф, органічні О.

Найбільше поширення у ремонтній роботі отримали групи Р, Т і Ф:

- ✓ до групи “Р” – належать електрода ОММ-5, ЦМ-7, ДГМ-8;
- ✓ до групи “Т” – ЦМ-9, ОЗС-6, АНО-3;
- ✓ до групи “Ф” – УОНИ-13/45, УОНИ-13/55, УОНИ-13/65.

Діаметр електрода обирають у залежності від товщини зварюваних деталей і розміщення зварного шва у просторі. При сталевому зварюванні використовують електроди діаметром до 4 мм, при вертикальному – до 5 мм. При зварюванні деталей товщиною до 4 мм діаметр електрода повинен дорівнювати товщини деталей. В інших випадках для високоякісного зварювання діаметр електрода визначають за монограмою рис. 6.1.

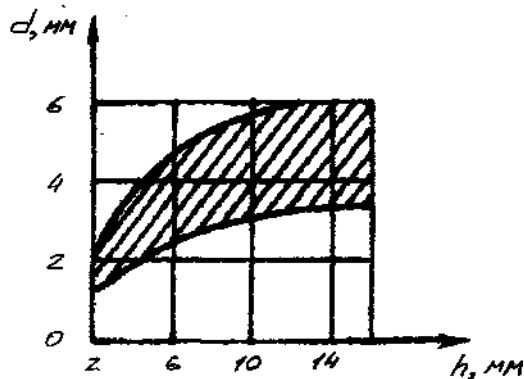


Рис. 6.1 – Залежність  $d = f(h)$

Сила зварювального струму залежить від допустимої густини струму (10-20 А/мм<sup>2</sup>) і діаметра електрода. При діаметрі електрода 3-6 мм силу струму  $I$  визначають за формулою:

$$I = m \cdot d, \quad (6.1)$$

де  $m$  – коефіцієнт, що може бути рівним 35-60;

$d$  – діаметр електрода.

Для наплавки деталей, що інтенсивно зношуються використовують:

- ✓ порошкоподібні тверді сплави, такі як, У35х717, вокар ВІСКОМ-9, боридна суміш БХ;
- ✓ вилиті тверді сплави – стеліти - марки В2К, В3К, В3К-ЦЕ;
- ✓ стелітоподібні сплави – сормайти – №1 і №2;
- ✓ порошкові електроди, виготовлені з порошкового дроту – ПЕ – 6х3 В10.

У шихті сплаву У35х717 міститься ферохром, феромарганець, чавунний порошок, нафтовий кож, вокар – це механічна суміш здрібненого вольфраму з вуглецем.

Шихта ВІСКОМ-9 містить подрібнені стружки сірого чавуну, феромарганець, графіт, рідке скло з водою.

**Боридна суміш** – це суміш боридохрому із подрібненим порошком.

**Стеліти і стелітоподібні сплави** – це тверді сплави, електроди з яких мають вигляд вилитих стержнів діаметром 4-7мм і довжиною 250-300 мм. Електроду з порошкових псевдосплавів містять відповідно сормайту 40 і 50%, а ПС-4 – сормайту 40% і ферохрому 60%, а ПС-5 – 40% сормайту, ферохрому 58% і феротитану 2%.

### **Автоматична наплавка під флюсом**

При автоматичній електродуговій наплавці під флюсом відновлювану деталь, як показано на рис. 6.2 встановлюють у шарові або в центрі спеціального переобладнаного токарного верстата, а наплавочний апарат 1 типу А-580М, ПАУ-1, ОСК-1031В, ОСК-1252М - його супорті. Електродний дріт 4 подають з касети 2 роликам подаючого механізму наплавочного агрегату в зону горіння електричної дуги. Рух електрода уздовж зварювального шва досягається за рахунок обертання деталі. Переміщення електрода по довжині забезпечується за рахунок подовженого руху супорту верстата. Наплавка виконується гвинтовими валиками із взаємним їх перекриттям на одну третину. Флюс в зону горіння дуги подається з бункера 3, розплавлений метал 3.

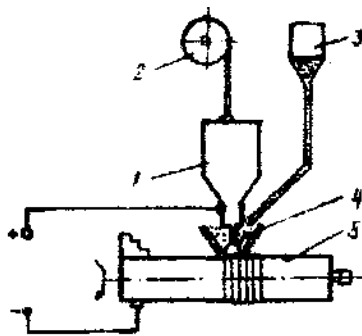


Рис. 6.2 – Схема автоматичної дугової наплавки

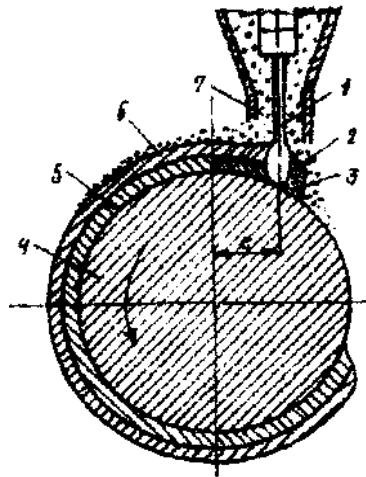


Рис. 6.3 – Схема горіння дуги

Як видно з рис. 6.3. при такій наплавці розплавлений метал 5 електричною дугою знаходиться під шаром розплавленого флюсу 2. Газ, що виділяється при плавленні електродом і основного металу 4 і флюсу 7, утворюють над зварювальною ванною склепіння, обмежене зверху рідким шлаком (кірка) 6.

Зважаючи на те, що зварювальна дуга і ванна рідкого металу повністю захищені від шкідливого впливу кисню і азоту, така наплавка забезпечує найбільш високу якість наплавленого металу.

Автоматична наплавка під флюсом відзначається високою продуктивністю, що вимірюється кількістю металу, що наплавляється в одиницю часу. Вона знаходиться в межах (1,5 - 10) кг/г, і визначається за формулою:

$$G_n = K_n \cdot I, \quad (6.2)$$

де  $K_n$  – коефіцієнт наплавки, знаходиться в межах (14-16) кг/А·г;

$I$  – сила зварювального струму, А.

На продуктивність процесу суттєво впливає режим наплавки, що характеризується приведеними у табл. 6.2 параметрами.

Якість наплавленого металу і його зносостійкість залежать від марки електродного дроту, флюсу і режиму наплавки.

Для наплавки низьковуглецевих і низьколегованих сталей використовують дріт з низьковуглецевих (Св-08, Св-08 А), марганцевистих (Св-08Г, Св-08ГА) і кремній-марганцевистих (Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС) сталей (Держстандарт 2246-70).

Сталі з великою кількістю вуглецю наплавляють дротом Нп-65Г, Нп-80, Нп-30ХГСА, Нп-40ХВ (Держстандарт 10543-82).

Флюси розподіляють на плавлені, керамічні й флюси-суміші. Плавлені флюси АН-348А, АН-60, ОСУ-45, АН-20, АН-28 містять стабілізуючі й нелакоутворюючі елементи, але до їх складу входять леговані добавки, що не сприяє підвищенню міцності та зносостійкості наплавленого металу.

Керамічні флюси АНК-18, АНК-19, ЖСН-1, крім стабілізуючих і шлакоутворюючих елементів містять леговані добавки – феросплави, які при наплавці маловуглецевим дротом забезпечують високу твердість і зносостійкість наплавленого металу.

Флюси-суміші складаються з флюсу АН-348А із доданням агломерату (ферохрому, феромарганцю і графіту в необхідному співвідношенні). Їх називають ще легованими флюсами, або при їх використанні отримують наплавлений шар однорідного хімічного складу, високої твердості й зносостійкості.

Як джерело живлення дуги використовують перетворювачі ПСГ-500, випрямлячі ВС-300, ВДУ-504, ВС-600, ВДГ-301 із жорсткою зовнішньою характеристикою.

### ***Зварювання і наплавки в середовищі захисних газів***

У ремонтному виробництві РС МЕТ знайшли широке використання напівавтоматичне зварювання і автоматична наплавка в середовищі вуглекислого газу і аргонно-дугове зварювання. При цьому способі зварювання і наплавки, як видно з рис. 6.4, зона горіння дуги 4 і розплавленого металу 5 захищається від кисню і азоту повітря струменем вуглекислого газу 3, Електронний дріт 1 у даному випадку подається крізь отвір у мундштук електротримача 2.

Для автоматичної наплавки використовують обладнання, що складає принципову схему (рис. 6.5) установки електродугової наплавки в середовищі вуглекислого газу:

- ✓ наплавочна головка 2 з касетою і дротом 1. Наплавна головка може бути в найбільш поширених типів АВС, А-384, А-409, А-580, ОКС-1252М;
- ✓ джерела живлення: ВС-200, ВСУ-300, ВС-400, ПСГ-350, АЗД-7.5/30 із жорсткою зовнішньою характеристикою;
- ✓ балон з вуглекислим газом 7;
- ✓ підігрівач газу 6, осушувач 5, заповнений силікагелем КСМ крупністю (3-7) мм;
- ✓ киселевий редуктор 4 марки РК-55Б;
- ✓ ротаметр 3 марки РС-3, РС-3А, РКС-65.

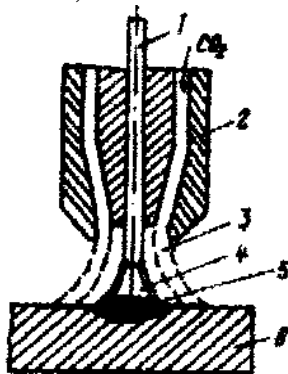


Рис. 6.4 – Схема горіння дуги при наплавці в середовищі захисних газів

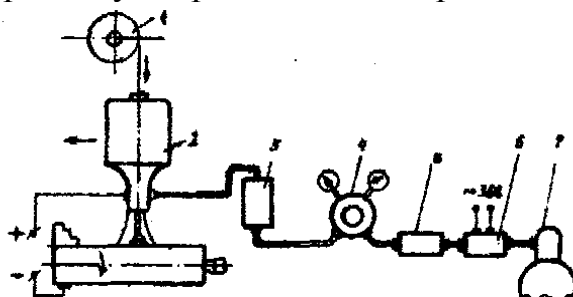


Рис. 6.5 – Схема електродугової наплавки в середовищі вуглекислого газу

При наплавці використовують токарний верстат, у патрон якого встановлюють відновлювану деталь 8, а на супорті кріплять наплавочну головку.

Режим наплавки визначають тими ж параметрами, що і при наплавні під флюсом, однак тут є деяка різниця у їх величині. Так, діаметр електродного дроту рекомендується не більше 0,8-2мм, сила зварювального струму встановлюється залежно від діаметра електроду в межах 70-220 А при напрузі душі 18-22 В, крок наплавки – 2,5-3,5 мм, швидкість наплавки – 80-100 м/год. Витрата вуглекислого газу залежить від сили струму і знаходиться в межах 5-15л/хв. При наплавці деталей використовують електродний дріт марки Нп-30ХГСА, Св-18ХСА, Нп-65Г.

Напівавтоматичне зварювання в середовищі вуглекислого газу використовують при ремонті вузлів і деталей РС, виготовлених з листової сталі невеликої товщини, з використанням напівавтоматів А-547Р, А-825М, Л-537УДДГ-302. При цьому способі зварювання деталей застосовують електродний дріт марок Св-08ГС, Св-08Г2С, Св-12ГС.

### ***Розробка технологічних документів, необхідних для відновлення деталей зварюванням і наплавкою***

Для описання технологічної операції відновлення деталей з указанням на послідовність переходів, даних про засоби технологічної оснастки, режими та трудові затрати використовують операційні карти (ОК).

Для кожної технологічної операції створюється своя ОК за формою регламентованою ЕСТД. Так, для описування технологічного процесу відновлення деталей зварюванням ГОСТом 3.1705-81 рекомендована форма 3 і 3а. Тут вказується номер та найменування операції за маршрутною картою (МК), номер позиції та найменування зварюваної деталі (вузла) за конструкторським документом або ескізом, марка і товщина металу, вага та кількість деталей. Приводять номер та зміст операцій, код і найменування пристрою та допоміжний інструмент, розмір шва (катет шва), умовне позначення положення зварювання (Н – нижнє, В – вертикальне, С – стельне), позначення полюсності (П – пряма, З – зворотна), зварювальний струм і напруга на дузі, швидкість зварювання та подача дроту найменування та код електрода, діаметр електрода, код, склад та витрата флюсу або газу для основного та допоміжного захисту, розрахунковий нормативний неповний операційний час  $T'_{оп}$ .

Зразок оформлення ОК дугового зварювання наведений на рис. 6.6 Для описання технології процесу відновлення деталей наплавкою під флюсом або в середовищі вуглекислого газу ГОСТом 3.1115-79 рекомендовано форму 9 і 9а. Тут вказується: вид механізованої наплавки, найменування та номер деталі за каталогом, перелік станкового і наплавлювального обладнання (найменування і марка), пристроїв та інструменту.

4. У відповідних рядках приводять номер операції за маршрутною картою, номер та зміст переходу, полюсність (П – пряма, З – зворотна), величину струму та напругу на дузі, розрахункові розміри (діаметр деталі, довжина, кількість переходів), режими роботи, частоту обертання, подачу супорта та електродного дроту,

вліт та зміщення електроду, марку, номер стандарту або ТУ на електродний, захисний газ, охолоджувальну рідину, витрату електродів.

флюсу та захисного газу при наплавні та розрахунковий неповний час. Зразок оформлення ОК наплавлення приведений на рис. 6.7.

### ***Технологічна інструкція для виконання лабораторної роботи***

1. При підготовці до лабораторної роботи студентам необхідно:

- ✓ проробити лекційний матеріал про зварювання і наплавку і загальні положення, викладені описі даної лабораторної роботи;
- ✓ викреслити на бланкові звіту принципові схеми установок зварювання і наплавки під флюсом і в середовищі вуглекислого газу і аргону (рис. 6.2 і 6.4), схеми горіння дуги у цих середовищах (рис 6.3 і 6.5) і бланки операційних карт дугового зварювання і наплавки (рис. 6.6 і 6.7),
- ✓ викреслити на бланкові звіту табл. 6.2 обґрунтування і вибору режиму відновлення заданої викладачем деталі визначеного вузла або агрегату рухомого складу.

2. Викладачу перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.

Ознайомитися з робочими місцями, методами зварювання і наплавки під флюсом в середовищі захисних газів і їх технологічними можливостями.



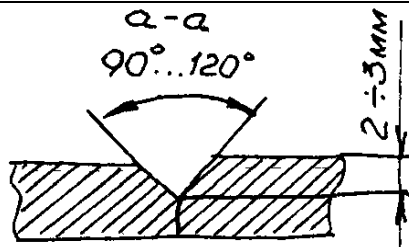
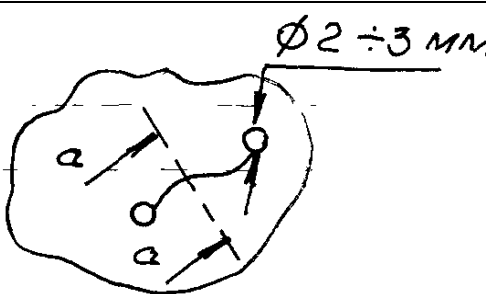
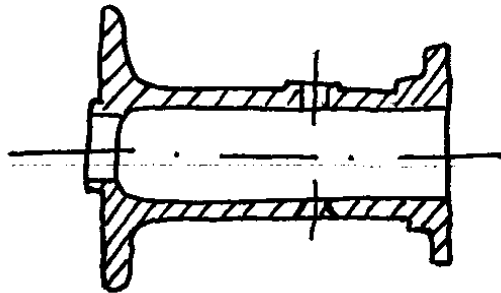
<div><div></div><div>Операційна карта електродугового зварювання</div></div>																					
			№ цеху		№ дільниці		№ оператора		Найменування операції				Найменування обладнання		Зварюв. преобраз.		ПСО-500				
									Зварювання						Верстат обдирочно-шліфувальний		ЗА-382				
			Найменування, марка матеріалу																		
Номер переходу	Зміст переходу	Пристрої, інструмент (код, найменування)	Режим								Припадочний метал, елект.				Флюс, газ			T <sub>o</sub>			
			Поларність	Сила зварного струму	Напруга дуги, В	Подача присад матер.	Швидкість на плавки, м/с	Число проходів					Код найменування, марка	Витрата	Діаметр, мм	Вимір, мм	Зміщення, мм	Код найменування	Витрата, л/мин	Тиск, кПа	T <sub>в</sub>
1	Установити деталь на стіл і зачистити місця зварки до металевого блиску	Стіл ОКС-1549-А Щітка металева																			
2	Заварити тріщину	Електротримач ЕМ-2А ВТУ-НКЕП	0	90...100	28...40	—	—	—				04-4 ГОСТ 9466-60		4	50		Електродна обмазка				15
3	Зняти деталь																				

Рис. 6.6 – Зразок оформлення операційної карти зварювання

												Операційна карата наплавлення									
												№ цеху	№ дільниці	№ оператора	Найменування операції	Найменування обладнання	Верстат токарно-гвинторізний 1К62	Головка наплавочна А-580М			
																	Преобраз. зварювал. ПСО-300	Патрон паводковий			
												Наплавлення					Малий чулок колісної пари трамвайного вагону				
												Найменування, марка матеріалу									

Номер переходу	Зміст переходу	Пристрої, інструмент (код, найменування)	Режим								Припадочний метал, елект.					Флюс, газ			T <sub>o</sub>	
			Полярність	Сила зварного струму	Напруга дуги, В	Подача при-сад матер.	Швидкість на плавки, м/с	Число проходів				Код найменування, марка	Витрата	Діаметр, мм	Вимір, мм	Зміщення, мм	Код найменування	Витрата, л/мин	Тиск, кПа	T <sub>v</sub>
1	Установити і закріпити деталь	Верстат токарно-гвинторізний																		
2	Наплавити поверхню	Головка наплавочна А-580	0	150	14...18	75	30	3				НП-65Г		2	10	8	CO <sub>2</sub>	8...15	2	
3	Зняти деталь																			

Рис. 6.7 – Зразок оформлення операційної карти наплавлення

Таблиця 6.2

## Результати експерименту

№ п/ п	Назва параметра	Позначення	Додаткові умови	Граничні значення параметрів	Способи відновлення зварювання і наплавка		
					під флюсом	у CO <sub>2</sub>	у аргоні
1.	Дійсний діаметр робочої поверхні, мм	D <sub>д</sub>	I=110d <sub>e</sub> + 10d <sub>e</sub>	1,6-2,5			
2	Дійсна довжина робочої поверхні, мм	l <sub>д</sub>					
3	Діаметр електродного дроту, мм	d <sub>e</sub>					
4	Сила зварювального струму, А	I					
5	Коефіцієнт наплавки, г/А·Г	K <sub>н</sub>	G <sub>н</sub> = K <sub>н</sub> ·I	14-16			
6	Продуктивність наплавки, кг/Г	G <sub>н</sub>		1,5-10			
7	Напруга дуги, В	U		25-30			
8	Товщина наплавлюємого слою, мм (одношарового)	h		0,5-5			
9	ККД наплавки			0,85-0,9			
10	Швидкість подачі дроту, м/Г	V <sub>н</sub>	для дроту ø 1,6-2,4 мм I =140-360 А	75-180			
11	Швидкість наплавки, м/Г	V <sub>н</sub>	$V_n = 250 \frac{d_e \cdot V_n \cdot \eta_n}{S \cdot D_d \cdot \eta}$	12-45			
12	Виліт електроду, мм	b	для деталей ø 50-150 мм	10-25			
13	Крок наплавки, мм (мм/об)	S		3-6			
14	Зміщення електроду із zenіту, мм	e		3-8			
15	Глибина проплавлення, мм	h <sub>п</sub>					

3. Вивчити принцип дії промислових зразків технологічного обладнання вичуваних способів зварювання і наплавки.

4. Засвоїти технологічний процес відновлення деталей зварюванням і наплавкою і методику вибору параметрів режимів цих способів відновлення.

5. Вибрати і обґрунтувати параметри, що характеризують режим відновлення заданих викладачем деталей зварюванням і наплавкою. Результати занести до табл. 6.2.

6. Скласти паспорт на робоче місце по відновленню заданої викладачем деталі зварюванням або наплавкою.

7. Оформити операційні карти на відновлення заданих викладачем деталей дугового зварювання та наплавки.

8. Самостійно оформити звіт про лабораторну роботу та захистити її результати.

### ***Контрольні запитання***

1. Який зміст процесу електродугового зварювання і наплавки під флюсом.

2. Характеристика обладнання для зварювання і наплавки під флюсом

3. Галузь використання, основні переваги та недоліки процесу відновлення деталей зварюванням і наплавкою гад флюсом.

4. Сутність процесу наплавки в середовищі вуглекислого газу.

5. Характеристика обладнання для зварювання і наплавки у середовищі вуглекислого газу.

6. Галузь використання і основні переваги та недоліки процесу відновлення деталей наплавкою в середовищі вуглекислого газу?

7. Сутність процесу жаргонно-дугового зварювання.

8. Обладнання для аргонно-дугового зварювання. Будова пальника?

9. Галузь використання жаргонно-дугового зварювання.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №7. ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОКРИТТЯМИ ГАЛЬВАНІЧНИМ СПОСОБОМ

### *Мета роботи*

- ✓ закріпити теоретичні знання по відновленню деталей рухомого складу гальванічними покриттями;
- ✓ засвоїти методику нанесення таких гальванічних покриттів, як хромування, залізнення, нікелювання;
- ✓ отримати практичні навички в технологічного процесу нанесення гальванічних покриттів.

### *Зміст роботи*

1. Усвідомити кількість відновлюваних деталей, величину їх зносу і способи нанесеній гальванічних покриттів, склад ванн, режими роботи,
2. Освоїти методику і отримати практичні навички підготовки деталей до нанесення покриття,
3. Вивчити особливості активації (анодної обробки) деталей при проведенні різних способів гальванічних покриттів.
4. Визначити тривалість гальванічного покриття.
5. Отримати експериментальним шляхом діаграму розташування зон хромового покриття з різними властивостями.
6. Вивчити методику і отримати практичні навички обробки деталей після нанесення покриття.
7. Оформити нормативно-технологічні документи при розробці технологічного процесу нанесення гальванічних покриттів.

### *Обладнання і оснащення робочого місця*

1. Шліфувально-полірувальний верстат.
2. Наждачний папір.
3. Повстинне коло.
4. Поліруюча паста.
5. Ванна попереднього знежирювання з розчинником (уайт-спірит, дихлоретан, бензин).
6. Підвісні пристрої для гальванічних покриттів деталей .
7. Ємність для суміші цанон лаку з нітроемаллю.
8. Чохли з поліхлорвінілового пластика товщиною 0,3-0,5 мм.
9. Лугова ванна остаточного знежирювання з розчином їдкого натрію –  $10 \text{ кг/м}^3$  соди кальцинованої –  $25 \text{ кг/м}^3$ , тринатрія фосфату  $25 \text{ кг/м}^3$ , емульгатора ОП-7 –  $3-5 \text{ кг/м}^3$ .
10. Ванна з кашицею венського вапна, що складається з суміші окису кальцію і окису магнію з додатком 3% кальцинованої соди і 1,5% їдкого натрію.
11. Ємність з проточною гарячою або холодною водою.

12. Ванна анодної обробки (активація) із 30% водним розчином сірчаної кислоти.
13. Ванни для гальванічних покриттів з розчинами:
- ✓ для хромування – водний розчин хромового ангідриду в межах (150-400) кг/м<sup>3</sup> та сірчаної кислоти (1,5-3,5) кг/м<sup>3</sup>;
  - ✓ залізнення – водний розчин хлористого заліза (400±200) кг/м<sup>3</sup>, соляної кислоти (2±0,2) кг/м<sup>3</sup>, хлористого Марганцю (10±2) кг/м<sup>3</sup>, хлористою нікелю (12±2) кг/м<sup>3</sup>;
  - ✓ нікелювання водний розчин сірчаноокислого нікелю 175 кг/м<sup>3</sup>, хлористого нікелю 50 кг/м<sup>3</sup>, фосфорної кислоти 60 кг/м<sup>3</sup>.
14. Ванни нейтралізації з розчином: 3-5% кальцинованої соди, 10% каустичної соди.
15. Сушильна шафа.
16. Масляна ванна для термообробки з температурою 180-200°C.

### ***Технологічна інструкція на виконання лабораторної роботи***

1. При підготовці до лабораторної роботи студентам необхідно опрацювати лекційний матеріал та усвідомити кількість відновлюваних деталей (у нашому випадку експериментальних зразків), величину і характер зносу, спосіб нанесення гальванічного покриття для кожної деталі.

2. Вивчити послідовність виконання технологічного процесу хромування, залізнення і нікелювання відновлюваних деталей.

3. Викреслити на бланкові звіту таблицю початкових даних і результатів експерименту (табл. 7.1), бланки карт типового технологічного процесу (КТТП) на рис. 7.2-7.7.

4. Викладачеві перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.

5. Перед тим, як приступити до виконання лабораторної роботи, слід ознайомитися з робочим місцем і усвідомити розташування, призначення і будову обладнання, приладів та інструменту. Ознайомитися з особливостями технологічних процесів гальванічних покриттів.

6. Перед хромуванням, залізненням і нікелюванням зробити механічну обробку відновлюваної деталі на шліфувально-полірувальному верстаті з використанням наждачного паперу і поліруючої пасти.

7. Поперечне знежирення деталей зробити у спеціальній ванні з розчинником.

8. Зробити, монтаж деталей на підвісне пристосування, забезпечити надійний електричний контакт струмопровідною штангою.

9. Поверхню деталі, що не підлягає нанесенню гальванічних покриттів, захистити за допомогою:

- ✓ нанесення на неї декілька слоїв цапон-лаку в суміші з нітроемаллю;
- ✓ чохлів з поліхлорвінілового пластика товщиною 0,3-0,5 мм;
- ✓ різних футлярів, екранів, виготовлених з неелектричних кислотостійких матеріалів.

10. Зробити остаточне знежирювання деталей складної конфігурації з використанням електрохімічної обробки у ванні з луговим розчином.

11. У кінці остаточного знежирювання змінити полярність на декілька десятків секунд з для позбавлення шкідливого впливу водню при знежирюванні.

12. Деталі простої форми знежирювати у ванні з кашицею венського вапна за допомогою волосної щітки.

13. Після остаточного знежирювання деталь промити в гарячій, а потім у холодній проточній воді

14. Зробити анодну обробку (активацію):

- ✓ при хромуванні – у ванні з основним електролітом при зміні полярності;
- ✓ при залізненні – у спеціальній ванні з 30% водним розчином сірчаної кислоти з подальшим промиванням деталі спочатку в холодній, а потім у гарячій проточній воді.

15. Підігріті деталі при залізненні заважити у ванну з основним електролітом і через 10-20 с подати напругу.

16. Розрахувати тривалість (годин) гальванічного покриття за формулою:

$$\tau = \frac{1000 \cdot h \cdot \gamma}{C \cdot D_k \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

де  $h$  – задана товщина гальванічного покриття;

$\gamma$  – питома вага, що покривається (наприклад для хрому  $\gamma = 0,7 \text{ г/см}^2$ );

$C$  – електрохімічний еквівалент;

$D_k$  – густина струму на катоді;

$\eta$  – ККД ванни (наприклад для хрому  $\eta = 0,12-0,15$ ).

Основні дані по нанесенню гальванічного покриття наведені в табл. 7.2

Таблиця 7.2

№ п/п	Вид покриття	мм	г/см3	$D_k$ , А/дм <sup>2</sup>	$C$ , г/(А·г)	%
1	хромування: зносостійке	0,2-0,3	6,9	30-60	0,324	13
	захисно-декоративне	0,01	6,9	20-25	0,324	13
2	залізнення	0,2-0,6	7,8	30-50	1,042	95
3	міднення	0,003- 0,03	8,9	3	1,86	100
4	нікелювання	0,015- 0,02	8,9	3	1,95	95
5	цинкування	0,01	7,1	2	1,22	95

17. При хромуванні залежно від режимів роботи ванни при середній концентрації електроліту отримати на експериментальних зразках покриття:

- ✓ матове,
- ✓ блискуче,
- ✓ молочне

18. Після закінчення гальванічного покриття деталь промити проточною холодною, а потім гарячою водою і розмістити на 1-2 хв., у ванну нейтралізації електроліту, після чого знову промити в проточній воді.

19. Зняти деталь (зразок) з підвісного пристрою.
20. Прибрати захисну ізоляцію,
21. Просушити деталь у сушильній шафі при  $t = 120-130^{\circ}\text{C}$  або розмістити у масляній ванні для термообробки в 1-2 год.
22. Послідовність технологічних процесів гальванічних покриттів відобразити у звіті у вигляді таблиці (див. табл. 7.1).
23. Подати результати експериментального дослідження залежності гальванічного покриття хромом для електроліту середньої концентрації зі зміною режиму роботи ванни:
  - а) графік

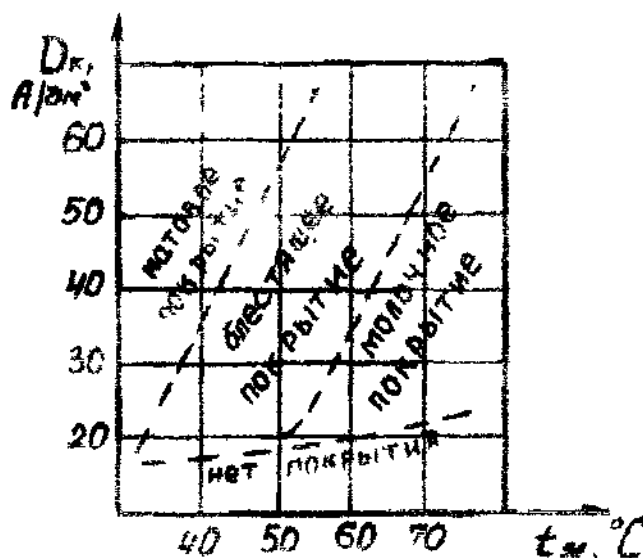


Рис. 7.1

б) висновок у такому вигляді:

Таблиця 7.3

Покриття		
Матове	Лискуче	Молочне
$D_k = 35 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 30^{\circ}\text{C}$	$D_k = 35 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 50^{\circ}\text{C}$	$D_k = 35 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 65^{\circ}\text{C}$
$D_k = 50 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 40^{\circ}\text{C}$	$D_k = 50 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 60^{\circ}\text{C}$	$D_k = 30 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 75^{\circ}\text{C}$
$D_k = 60 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 45^{\circ}\text{C}$	$D_k = 60 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 65^{\circ}\text{C}$	$D_k = 60 \text{ А/дм}^2$ $t_{ел} = 80^{\circ}\text{C}$

24. Розробити типові технологічні процеси відновлення деталей хромуванням, залізненням та нікелюванням, оформити відповідно карти КТТП, зразки оформлення яких приведені на рис. 7.2-7.3. Вони оформлені відповідно до ГОСТ 3.1121-84.



При розробці КТТП слід пам'ятати, що:

- ✓ це основний документ при розробці типового технологічного процесу відновлення деталей і загальними конструктивними та технологічними ознаками;
- ✓ відповідних рядках приводять номер, найменування та зміст операції в строгій технологічній послідовності (монтаж деталей, знежирення і т.д.), найменування, марку і склад розчинів і матеріалів, режим роботи (температура, густина струму, напруга, відношення анодної і катодної поверхней, час витримання), розряд роботи та код тарифної сітки (Х, Г або ОВ).

25. Самостійно оформити звіт про лабораторну роботу і захистити результати.

Таблиця 7.4

## Вихідні дані та результати експерименту

Технологічна операція і вимоги до її проведення	Гальванічні покриття		
	хромування	залізнення	нікелювання
<p>Механічна обробка. Тип верстату його тактико-технічні дані. Матеріал, що використовується для обробки.</p> <p>Попереднє знежирювання. Назва ванни, її склад, тривалість роботи, режим.</p> <p>Потрібні умови при монтажі деталі на підвісному пристосуванні. Заходи для забезпечення захисту поверхні деталі, яка не підлягає гальванічному покриттю.</p> <p>Остаточне знежирювання деталей складної конфігурації Назва ванни, її склад режим роботи, тривалість операції.</p> <p>Остаточне знежирювання деталей простої конфігурації. Назва ванни, її склад, додаткові засоби.</p> <p>Анодна обробка деталі, назва ванни, її склад, режим роботи.</p> <p>Гальванічне покриття. Назва ванни, її склад, режим роботи.</p> <p>Тривалість гальванічного покриття, год.</p> $\tau = 1000 \cdot \frac{h \cdot \gamma}{c \cdot D_k \cdot \eta}$ <p>Нейтралізація електроліту з деталі. Назва ванни. Режим роботи. Склад.</p> <p>Термообробка деталі. Режим роботи, склад, тривалість технологічного процесу.</p>			

МЕТ			Номер цеху	ХДАМГ	Карта типового технологічного процесу нанесення хімічного, електрохімічного покриття і хімічної обробки				ДСТУ 3.1121-84									
						Хромування			Літера									
№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, найменування, інформаційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення поверхні аноду і катоду	Час витримки					
	005		Монтаж деталей на підвісці і ізоляція місць	Стіл монтажний ОРГ-1468-01.08												2		
	010		Знежирення	Ванна		Ядучій натрій ГОСТ 2263-71 Сода кальцинована ГОСТ 10689-70	10	60	5-10	12		2-3				2	Г	На знежиреній поверхні вода повинна розтікатися рівномірно
	015		Промивка в гарячій воді	Ванна		Вода		60				1-2				2	Г	
	020		Промивка в холодній воді	Ванна		Вода		10-20				1				2	Г	
	025		Анодна обробка	Ванна		Водний розчин хром. ангідрид Сірчиста кислота	150-400 1,5-3,5					2					4Г	Після обробки поверхня повинна мати матово-мутно-сріблястий колір
	030		Промивка в холодній воді	Ванна		Вода		10-20				1				2	Г	

Рис. 7.2 – Зразок оформлення КТТП при хромуванні (заголовний аркуш)

[illegible]

Рис. 7.3 – Зразок оформлення КТТП при хромуванні (наступний аркуш)

МЕТ			Номер цеху	ХДАМГ	Карта типового технологічного процесу нанесення хімі- чного, електрохімічного покриття і хімічної обробки													
						Залізнення			Літера									
№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, наймену- вання, інформа- ційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення повер- хні аноду і катоду	Час витримки					
	005		Монтаж деталей на підвісці і ізоляція місць, що не підлягають покриттю	Стіл монтажний ОРГ-1468-01.08												2		
	010		Знежирення	Ванна		Ядучій натрій ГОСТ 2263-71 Сода кальцинована ГОСТ 10689-70		10	60	5-10	12		2-3			2	Г	На знежиреній поверхні вода повинна розтікатися рівномірно
	015		Промивка в гарячій воді	Ванна		Вода			60				1-2			2	Г	
	020		Промивка в холодній воді	Ванна		Вода			10-20				1			2	Г	
	025		Анодна обробка	Ванна		Водний розчин хлор. заліза, Сірчиста кислота Хлор. марганець Хлор. нікель	400±	20	30	12		4:1	2				4Г	Після обробки поверхня повинна мати матово-мутно- сріблястий колір
								±200										
								2±0,2										
								10±2										
								12±2										

Рис. 7.4 – Зразок оформлення КТТП при залізненні (заголовний аркуш)

№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, найменування, інформаційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення поверхні аноду і катоду	Час витримки					
	030		Промивка в холодній воді	Ванна		Вода							1			2	Г	
	035		Залізнення															
			Витримати без струму 20-30 сек.	Ванна		Водяний розчин		400±200	75	30	12	2:1				3	Г	
			Підвищити густину струму 3 А/дм <sup>2</sup> і витримати 5 хв.			хлор. заліза												
			Підвищити струм до 30 А/дм <sup>2</sup> поступово протягом 10 хв.			Сірчиста кислоти		2±0,2										
						Хлор. марганець		10±2										
						Хлористого нікелю		12±2										
	040		Промивка в гарячій воді	Ванна		Вода			60				2			2	Г	
	045		Сушка	Камера сушильна ПЛ-12076					90				2			2	Г	
	050		Контрольна															
			Перевірити діаметр отвору															
	055		Демонтаж і укладка деталей															

Рис. 7.5 – Зразок оформлення КТТП при залізненні (наступний аркуш)

МЕТ			Номер цеху	ХДАМГ	Карта типового технологічного процесу нанесення хімі- чного, електрохімічного покриття і хімічної обробки													
						Нікілювання			Літера									
№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, наймену- вання, інформа- ційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення повер- хні аноду і катоду	Час витримки					
	005		Монтаж деталей на підвісці і ізоляція місць	Стіл монтажний ОРГ-1468-01.08												2		
	010		Знежирення	Ванна		Ядучій натрій ГОСТ 2263-71		10	60	5-10	12		2-3			2	Г	На знежиреній поверхні вода повинна розтікатися рівномірно
						Сода кальцинована ГОСТ 10689-70		25										
	015		Промивка в гарячій воді	Ванна		Вода			60				1-2			2	Г	
	020		Промивка в холодній воді	Ванна		Вода			10-20				1			2	Г	
	025		Анодна обробка	Ванна		Водний розчин H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		50 75	20	30	12	4:1	2				4Г	Після обробки поверхня повинна мати матово-мутно- сріблястий колір
	030		Промивка в холодній воді	Ванна		Вода							1			2	Г	

Рис. 7.6 – Зразок оформлення КТТП при нікелюванні (заголовний аркуш)

№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, найменування, інформаційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення поверхні аноду і катоду	Час витримки					
	035		Нікелювання															
			Витримати без струму 20-30 сек.	Ванна		Водяний розчин		175	75	3	12	2:1				3	Г	
			Підвищити густину струму 1 А/дм <sup>2</sup> і витримати 5 хв.			сіркокислого нікелю, хлор. нікелю		50										
			Підвищити струм до 3 А/дм <sup>2</sup> поступово протягом 10 хв.			фосфорної Кислоти		60										
	040		Промивка в гарячій воді	Ванна		Вода			60				2			2	Г	
	045		Сушка	Камера сушильна ПЛ-12076					90				2			2	Г	
	050		Контрольна Перевірити діаметр отвору															Покриття повинно бути рівномірним по всій поверхні
	055		Демонтаж і укладка деталей															

Рис. 7.7 – Зразок оформлення КТТП при нікелюванні (наступний аркуш)



### **Контрольні запитання**

1. Призначення гальванічних покриттів у ремонтному виробництві рухомого складу.
2. Які гальванічні покриття використовують для відновлення деталей, а які у якості захисно-декоративних покриттів?
3. У чому сутність гальванічних покриттів?
4. Будова ванн для гальванічних покриттів та їх оснастка.
5. Технологічний процес нанесення гальванічних покриттів.
6. Призначення попереднього та остаточного обезжирювання та способи їх проведення.
7. Призначення анодної обробки (активації) і її відмінність при хромуванні та залізненні.
8. Основні операції після гальванічних покриттів.
9. Переваги і недоліки хромування.
10. Склад електроліту при хромуванні, низька, висока та середня його концентрація.
11. Особливості технологічного процесу хромування.
12. Перерахувати основні напрями розвитку передової технології при хромуванні.
13. Переваги та недоліки залізнення.
14. Склад електроліту при залізненні, режим роботи.
15. Основні напрями розвитку передової технології при залізненні.
16. Різновиди нікелювання і галузь його застосування.
17. Переваги та недоліки нікелювання.
18. Склад електроліту при нікелюванні і оптимальний режим роботи його ванн.
19. Хімічне нікелювання і галузь застосування.
20. Склад хімічного розчину і особливості його застосування.

# **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №8. ВІДНОВЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІЗОЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ НАСИЧУВАННЯМ ЛАКОМ**

## ***Мета роботи***

- ✓ закріпити теоретичні знання з відновлення властивостей ізоляції обмоток електричних машин насичуванням лаками і компаундними сумішами. І
- ✓ засвоїти методику проведення насичування обмоток електричних машин лаками, вивчити будову вакуумно-нагнітальної установки;
- ✓ отримати практичні навички, необхідні для розробки технологічного процесу насичування обмоток електричних машин лаками за оформлення її карти технологічного процесу (КТТП),

## ***Зміст роботи***

1. Засвоїти номенклатуру і клас ізоляції обмоток електричних машин, що підлягають насичуванню.
2. Заміряти величину опору ізоляції обмоток електричних машин.
3. Засвоїти методику і отримати практичні навички при проведенні попередньої, проміжної і остаточної сушки ізоляції обмоток електричних машин, згідно з умовами теплового руйнування ізоляційних матеріалів (відповідно до класу ізоляції).
4. Вивчити будову обладнання і допоміжних систем, що забезпечують насичування обмоток електричних машин лаками і компаундними сумішами.
5. Вивчити технологічний процес вакуумно-нагнітального насичування обмоток електричних машин лаками.
6. Знати принципову різницю насичування обмоток електричних машин лаками від насичування їх компаундними сумішами.
7. Оформити карту КТТП на пропитку обмоток електричних машин лаками.

## ***Обладнання і оснащення робочого місця***

1. Піч електрична, калориферна.
2. Вакуумно-нагнітальна установка.
3. Пульт керування.
4. Азотоаналізатор ПАК РТУ-979-62.
5. Мегомметри на 500 і 1000 В.
6. Ванна з лаком для насичування обмоток електричних машин.
7. Секундомір С-1-20 (ГОСТ 5072-72).
8. Віскозиметр ВЗ-4.
9. Підйимально-транспортний засіб (кран-балка вантажопідйомністю до 1т).

## **Матеріал для роботи**

Лак КО-916.

Ксилол.

Толуол (ГОСТ 9880-76 або ГОСТ 14710-73).

Сикатив.

Склобандажна стрічка ЛСБ 02×20 і МР ТУ-6-11-22-70.

Емаль КО-935.

## **Загальні поняття**

У процесі експлуатації рухомого складу ізоляція обмоток електричних машин і котушок електричних апаратів під впливом навколишнього середовища (температури, тиску, вологості) і електромагнітних сил зазнає механічного, хімічного і теплового зносу, втрачаючи свої якості – опір ізоляції та діелектричну міцність. Відновлюють ці якості та покращують фізико-механічні властивості ізоляції обмоток електричних машин і котушок електричних апаратів насиченням лаками і компаундними сумішами.

Покращення якісних характеристик ізоляції при насичуванні пов'язано з витисненням повітря і вологи з пор і порожнин ізоляції і заповненням їх твердою основою лаку або компаундної суміші. Лаки і компаундні суміші мають високу електричну міцність і теплопровідність. Вони склеюють частки і окремі шари ізоляції в єдиний моноліт і захищають її від безпосереднього зіткнення з вологою і киснем повітря. Отже якість насичування визначається ступенем заповнення пор і порожнин ізоляції насичуючою речовиною.

Матеріал для насичування ізоляції і технологічний процес обирають залежно від конструкції обмоток, їх призначення і класу ізоляції.

Технологічний процес насичування включає такі технологічні операції:

- ✓ попереднє сушіння обмоток;
- ✓ заповнення пор і порожнин в ізоляції лаками або компаундними сумішами;
- ✓ сушіння ізоляції обмоток після кожного насичування;
- ✓ остаточне лакування і фарбування емаллю;
- ✓ остаточне сушіння з метою запікання фарби.

**Електрична піч.** Являє собою камеру 1 доброю ізоляцією, зовнішнє повітря в яку знаходить крізь фільтр 3 і потрапляє у теплообмінник 8 (рис. 8.1). У теплообмінниках повітря підігрівається електронагрівальними елементами 7 і потрапляє у сушильну камеру. Обмотки спільно з ротором (якорем) або котушки електричних апаратів у спеціальних корзинах подаються в камеру на возику крізь вхідний отвір, закритий плитою 2.

Піч обладнана припливно-витяжною системою вентиляції з насосом-вентилятором 4, заслонкою 5 і витяжною трубою 6, а також системою реєстрації температури в пічі (термопара ТХК, електронний потенціометр ЕПП-12) і зміни величини опору ізоляції обмоток електричних машин.

**Вакуумно-нагнітальна установка.** Призначена для насичування обмоток електричних машин лаками (рис. 8.2). Складається з автоклава для зберігання лаку 1 і автоклава для насичування обмоток електричних машин лаками 2. Автоклави

обладнані витяжкою 3; контрольно-вимірювальними приладами (манометром і вакуумметром) 4; світильником 5; вікном 6; магістральним трубопроводом лака з вентилем 7; системою забезпечення розтягання (вакууму, до складу якого входять вакуумний насос 12 з електродвигуном 13, вакуумметр 11, розширювальний бак 10, замикаюча арматура (вентилі 8 і 9); блокуючий пристрій (гідростанція), що виключає можливість подачі тиску в автоклав при неповному зачиненні кришки і її відчиненні при наявності тиску в автоклаві. Гідростанція складається з витратного масляного бака 14, масляного насоса 15, трубопроводу замикаючою арматурою, системи забезпечення надмірного тиску інертних газів (азоту) з касетою балонів з азотом (азотна рампа) 19, редуктора 18 і витратоміра 17, дренажної системи повітря з замикаючою арматурою (вентилем 16 та ін.).

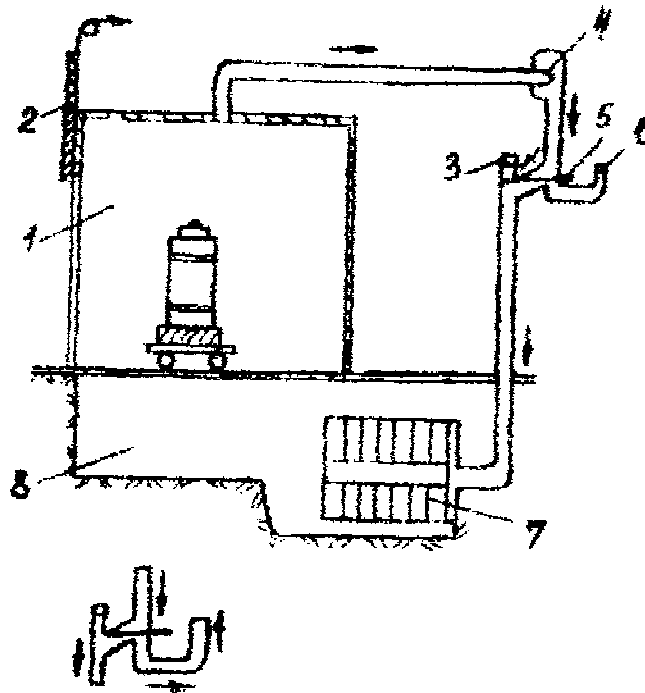


Рис. 8.1

### ***Вказівки до виконання лабораторної роботи***

1. При підготовці до лабораторної роботи студентам необхідно: опрацювати лекційний матеріал та рекомендовану літературу, ознайомитися з робочим місцем і усвідомити призначення, будову вузлів, складових частин, приладів і інструменту, вакуумно-нагнітаючої установки. Ознайомитися із змістом документації і довідковою літературою.

Викреслити на бланкові звіту таблицю вихідних даних та результатів замірів (табл. 8.1), принципову схему вакуумно-нагнітаючої установки (рис. 8.2), бланки КТПП (рис. 8.4).

2. Викладачеві перевірити готовність студентів до виконання лабораторної роботи.

3. Перед тим, як почати просочування необхідно усвідомити номенклатуру обмоток електричних машин, які будуть підлягати насичуванню, встановити їх клас ізоляції і конструктивні особливості.

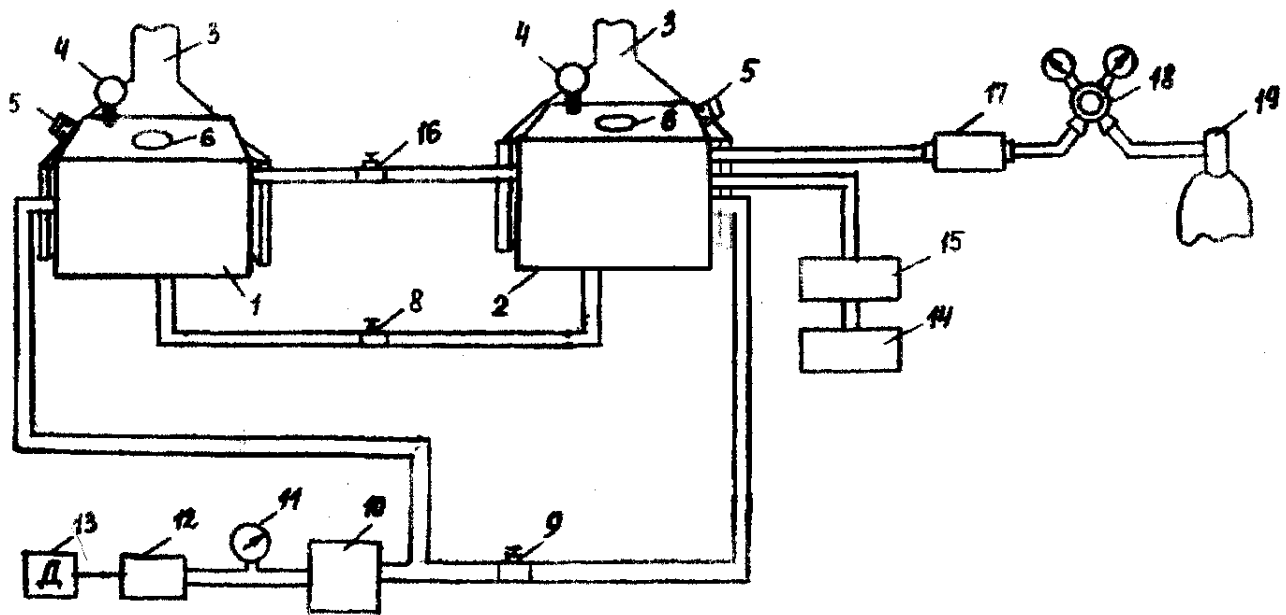


Рис. 8.2 – Принципова схема вакуумно-нагнітальної установки

З допомогою мегомметра визначити величину опору ізоляції обмоток електричних машин, що підлягають насичуванню,

4. Накласти на якір тимчасовий бандаж із склобандажної стрічки марки ЛСБ згідно з технологічним процесом і завантажити його у сушильну піч за допомогою вантажно-транспортних засобів.

5. Експериментальним шляхом визначити тривалість попереднього сушіння обмоток електричних машин:

- ✓ повільно підвищувати температуру в печі і реєструвати її значення на дисковому діаграмному папері і значення опору ізоляції обмоток якоря з допомогою вимірювальних приладів;
- ✓ результати вимірів занести до табл. 8.1;
- ✓ за результатами замірів побудувати криву сушіння (рис. 8.3);

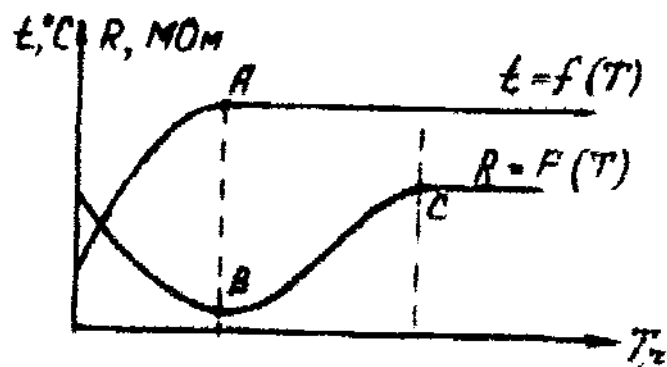


Рис. 8.3

- ✓ на основі аналізу отриманих графічних залежностей визначити момент закінчення процесу попереднього сушіння;
- ✓ вивантажити якір з печі і охолодити до температури  $70 \pm 5^\circ\text{C}$ .

6. Підготувати вакуумно-нагнітальну установку до роботи:

- ✓ взяти пробу підготовленого лаку з автоклава 2 і перевірити його в'язкість за допомогою віскозиміра ВЗ-4 при температурі 20°C (оптимальне значення в'язкості лаку повинно бути 30-35 с);
- ✓ перевірити на функціонування систему забезпечення надмірного тиску азоту, за допомогою азотоаналізатора визначити чистоту азоту (чистота азоту повинна бути не менше 95%).

7. Завантажити якір в автоклав, закрити його кришкою і розпочати насичування:

- ✓ створити в автоклаві вакуум 450-500 мм рт. ст., витримати якір під вакуумом протягом 5-10 хв., подати лак (його рівень повинен бути, на 100 мм вище рівня насичуваних виробів);
- ✓ зняти вакуум;
- ✓ створити тиск азоту в автоклаві 250-300 кПа (2,5-3 атм) і зробити насичування протягом 15 хвилин;
- ✓ викачати лак з автоклаву.

8. Вивантажити якір з автоклава і розмістити його на підставку для відстою, витримати на повітрі.

9. Завантажити якір у сушильну піч і сушити його протягом 2 годин при температурі  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ , потім при температурі  $190 \pm 10^\circ\text{C}$  протягом 12 годин, в процесі сушіння опір ізоляції якоря при температурі 100°C повинен бути 2 МОм, а при температурі 150°C – не менше 0,3 МОм.

10. Вивантажити якір з печі і охолодити на повітрі до температури 60-70°C.

11. Зробити друге насичування якоря зануренням у спеціальну ванну з лаком протягом 10 хв.

12. Вийняти якір з ванни, витримати на повітрі протягом 1 години.

13. Завантажити якір у сушильну піч і сушити.

14. Вивантажити якір з печі, охолодити до температури навколишнього середовища.

15. Зачистити належну до фарбування поверхню якоря шліфувальним папером.

16. Пофарбувати якір емаллю КЛ-935 і витримати на повітрі протягом 1 години.

17. Завантажити якір в сушильну піч і сушити його при температурі 150°C протягом 10-12 годин.

18. Вивантажити якір з печі, охолодити до температури навколишнього середовища і направити для подальшої обробки згідно з технологічним процесом.

**Примітка:** Пункти 9-18 студенти вивчають відповідно до наявних на робочому місці зразків записів на дисковому, діаграмному папері, реєструючи системи зміни температури в сушильній печі і опору ізоляції обмоток електричних машин.

19. Режим роботи технологічного обладнання, початкові й поточні данні технологічного процесу насичування обмоток електричних машин занести у звіт за встановленою формою (табл. 8.1).

20. На основі результатів випробувань зробити типовий технологічний процес відновлення властивостей ізоляції обмоток електричних машин пропиткою і у відповідності з ГОСТ 3.1121-84 оформити карту КТТП, зразок оформлення якої наведений на рис. 8.4 - 8.6.

21. Кожному студенту самостійно оформити звіт про лабораторну роботу і захистити її результати.

### ***Контрольні запитання***

1. Як змінюються структура і фізико-механічні властивості ізоляції обмоток електричних машин і котушок електричних апаратів?
2. Що називається насиченням?
3. Чим характеризується якість насичування і як вона досягається?
4. Склад насичуючих лаків і компаундних сумішей?
5. Переваги і недоліки насичуючих матеріалів, область їх використання?
6. Назвати основні технологічні операції технологічного процесу насичування.
7. Особливості попереднього і проміжного сушіння насичуваних обмоток електричних машин?
8. Назвати основні складові елементи установки обмоток електричних машин і електричних апаратів.
9. Як визначається момент закінчення процесу попереднього сушіння?
10. Як побудована сушильна піч? Який принцип її дії?
11. Як побудована установка для насичування обмоток електричних машин?
12. Який порядок вимірювання опору ізоляції мегомметром?

Таблиця 8.1

## Вихідні дані та результати вимірів

Технологічна операція	Умови, при яких вимірюють параметри; засоби виміру; робота елементів схеми лабораторної установки	Числове значення параметрів		
Вимір опору ізоляції обмоток електричних машин перед сушінням				
Визначення експериментальним шляхом тривалості попереднього сушіння якоря Створення в автоклаві вакууму Визначення в'язкості лаку в автоклаві Заповнення автоклава лаком, насичування якоря Визначення чистоти азоту в системі надмірного його тиску Створення в автоклаві надмірного тиску азоту Викачуванні лаку і вивантаження якоря з автоклава Проміжне сушіння якоря в електричній печі Друге насичування якоря зануренням Підготовка до фарбування якоря і фарбування емаллю Остаточне сушіння якоря в печі, підготовка до оправки		γ, год.	t, °C	R, МОм



МЕТ			Номер цеху	ХДАМГ	Карта типового технологічного процесу нанесення хімічного, електрохімічного покриття і хімічної обробки													
						Пропитка лаками			Літера									
№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, найменування, інформаційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °С	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення поверхні аноду і катоду	Час витримки					
	005		Підготовка до сушки	Склобандажна Стрічка ЛСБ														
			Завантаження в Сушильну піч															
	010		Сушка															Плавню піднімати температуру
	015		Охолодження				70±5											
	020		Підготовка до просочування	Віскозиметр ВЗ-4			20											Оптимальна в'язкість лаку 30-35 с, частота азоту не більше 95%
				автоаналізатор автоклав														
	025		Просочування															
			Створити вакуум 400-500 мм. рт. ст., витримати 5-10 хв.	Автоклав								5-10						
			Подати лак			Лак												Рівень лаку на 100 мм більше виробу
			Зняти вакуум, зробити тиск азоту 250-300 кПа, витримати 15 хв.			Азот						15						

Рис. 8.4 – Зразок оформлення КТТП при нікелюванні (заголовний аркуш)

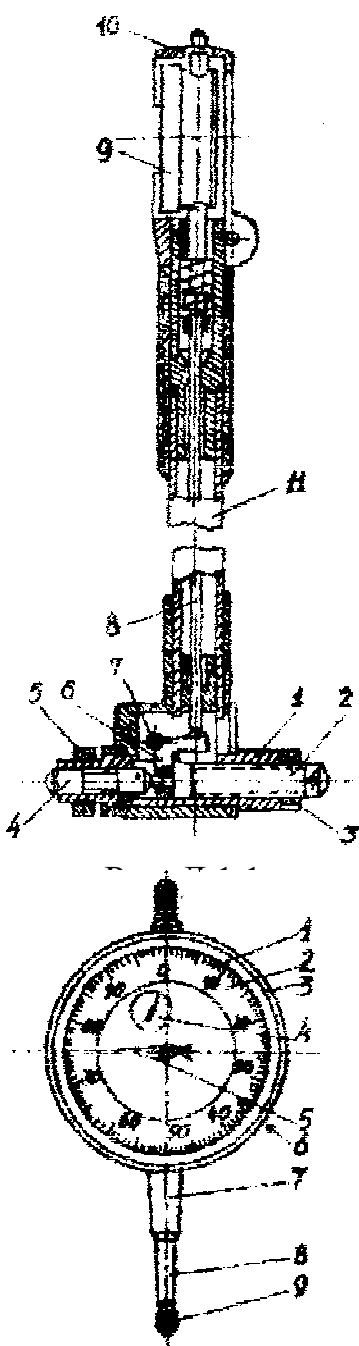
№ ділянки	№ операції	Код операції	Найменування і наявність операції	Обладнання (код, найменування, інформаційний номер)	Коф. обладнання	Склад розчину і матеріалу			Режим роботи					Код професії	Кількість робітників	Розряд робітника	Код тариф. сітки	Особливі вказівки
						Найменування, марка	Код	Кілок.	Температура, °C	Густина струму, А/дм <sup>2</sup>	Напруга, В	Відношення поверхні аноду і катоду	Час витримки					
	030		Витримати на повітрі															
	035		Сушка в печі протягом 2 год. при температурі 25±5 °C, потім 190±10 °C 12 год.	Пічка					25±5 190±10									Опір ізоляції якоря при температурі 100 °C повинен бути 2 МОм, а при температурі 150 °C – не менше 0,3 МОм
	040		Охолодження на повітрі до температури 60-70 °C						60-70									
	045		Друге просочування зануренням										10					
	050		Витримка на повітрі										60					
	055		Сушка в сушильній печі	Сушильна піч														
	060		Охолодження до температури зовнішнього повітря															

Рис. 8.5 – Зразок оформлення КТТП при нікелюванні (наступний аркуш)

[illegible]

Рис. 8.6 – Зразок оформлення КТТП при нікелюванні (наступний аркуш)

## ПОРЯДОК ВИМІРЮВАННЯ ВНУТРІШНІХ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ІНДИКАТОРНИМ НУТРОМІРОМ.



Індикаторний нутромір, призначений для вимірювання внутрішніх розмірів і контролю геометричної форми отворів,

складається з вимірювальної головки 1, регулювальної вставки 2, гайки 3, пересувного наконечника 4, центруючого мостика 5, колінчатого важеля 6, очі 7, штока 8, індикатора годинникового типу 9, кожуху 10, корпусу 11 (рис. Д.1.1).

Вимірювальна головка має з одного боку рухомий вимірювальний наконечник 4, а з другого регулювальну змінну вставку 2. Підпружинений центруючий мостик 5, розташований з боку пересувного наконечника 4, забезпечує самоустановку (центрування) у поперечному перетині ліній вимірювання з діаметральною площиною перевірюваного отвору. Торці наконечника, вставки мають сферичну форму. Переміщення пересувного наконечника, що відбувається у процесі вимірювання, через колінчатий важіль 6, і шток 8, розташований всередині трубки, передається на індикатор годинникового типу 9.

Індикатор складається з корпусу 1, шкали 2, ободка 3, показника обертів великої стрілки 4, великої стрілки 5, вушка 6, гільзи 7, вимірювального стержня 8, наконечника 9 (рис. Д.1.2). Індикатор годинникового типу є механічним вимірювальним приладом із зубчатою передачею, який встановлюється в трубчатий корпус індикаторного нутроміра. Для охорони шкали від випадкового пошкодження використовують спеціальний кожух.

Настроювання індикаторного нутроміра на мінімальний розмір перевірюваного отвору проводиться по еталонному кільцю або блоку плоско-паралельних кінцевих

Рис. Д.1.2

мір із спеціальними бойовичками і струбциною.

В окремих випадках, коли зниження точності вимірювань є допустимим, настрійку індикаторного нутроміра можна робити за мікрометром.

Для цього необхідно:

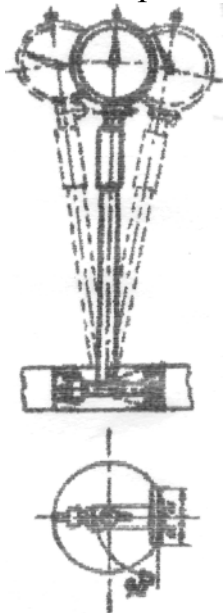
- ✓ мікрометр закріпити за скобу в спеціальній підставці;
- ✓ перевірити правильність установки нуля шкали мікрометра;
- ✓ установити на мікрометрі номінальний розмір перевірюваної (дефектної) деталі;

- ✓ добрати змінну вставку і загвинтити її в головку нутроміра так, щоб відстань між поверхнями, які вимірюються, було на 1-2 мм більше номінального розміру, встановленого на мікрометрі;
- ✓ у нутромірах з межами вимірювань 50-100 мм необхідна відстань між вимірювальним наконечником і вставкою досягається установкою регулювальних шайб;
- ✓ вставку закріпити накидною гайкою;
- ✓ нутромір ввести між вимірювальними поверхнями мікроміра, стрілка індикатора годинникового типу повинна при цьому зробити 1-2 оберти (тобто нутромір для проведення вимірювань повинен бути встановлений з натягом);
- ✓ похитуючи нутромір у вертикальній площині і повертаючи в горизонтальній відносно точки дотику змінної вставки до мікрометра, знайти таке положення, що відповідає відхиленню стрілки індикатора праворуч (це відповідає тому, що наконечники нутроміра розташовані перпендикулярно до вимірювальних площин мікрометра);
- ✓ з вказаним положенням стрілки сполучити нульове ділення шкали індикатора.

При виведенні індикатора мікрометра (а також з отвору при проведенні вимірювань) спочатку вивести нерухому частину вимірювальної головки, а потім рухому.

Настроювання індикаторного нутроміра треба робити старанно і перевіряти її правильність 2-3 рази.

Вимірювання деталей здійснюють у такій послідовності:



- ✓ нутромір нахилити і ввести в перевірюваний отвір спочатку рухому частину (пересувний наконечник і центруючий мостик);
- ✓ натискаючи на центруючий мостик, ввести нерухому частину вимірювальної головки;
- ✓ при вимірюванні нутромір похитувати у площині, що проходить крізь вимірювальні наконечники і вісь отвору, який перевіряють (рис. Д. 1.3);
- ✓ знайти найменше показання індикатора (максимальне відхилення стрілки мікрометра праворуч).

Слід пам'ятати, що при вимірюваннях нутроміром відхилення стрілки ліворуч від нуля (тобто проти годинникової стрілки) відповідає позитивному відхиленню розміру отвору від номінального значення, а відхилення праворуч – негативному.

Рис. Д.1.2

Дійсний розмір деталі дорівнюватиме алгебраїчній сумі номінального розміру і показань приладу.

Вимірювання роблять у кількох місцях відповідно до технічної карти контролю деталі.

## ПОРЯДОК ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ МІКРОМЕТРОМ

Мікрометр, призначений для зовнішніх вимірювань, складається з таких вузлів: нерухомої 1 і рухомої 2 п'яток, кільця стопора 3, гільзи 4, мікрометричного гвинта 5, барабана 6, контргайки 7, гайки 8, конуса 9, корпусу 10, тріскачки 11, стебла 12, скоби 13 (рис. Д.2.1).

Для переміщення рухомої п'ятки мікрометра потрібно обертати обмежуючи конкретне зусилля при вимірюванні.

Відліковий пристрій мікрометра складається з трьох шкал. На стеблі з обох боків від великого повздовжнього штриха нанесеш дві шкали з інтервалом ділень 1 мм, звужені одна відносно другої на 0,05 мм. На скоби барабана нанесена колова шкала, яка має 50 полосок з ціною поділки 0,01 мм. Одному оберту барабана відповідає осьове переміщення на 0,5 мм краю барабана, мікрогвинта, з'єднаного з барабаном, що має крок 0,5 мм, і рухомої п'яти.

При вимірюванні деталі ціле число міліметрів, яке міститься у перевірюючому розмірі, відраховується по відцифрованій шкалі стебла. Соті частки відраховуються по шкалі барабана.

Встановлення мікрометра на нуль, тобто поєднання нульового ділення шкали барабана з великим штрихом стебла робиться в наступний спосіб: тріскачкою рухома п'ятка приводиться у зіткнення з нерухомою п'ятою і стопориться, відгвинчується гайка 8, звільнений барабан встановлюється на нуль і закріплюється знову гайкою 8.

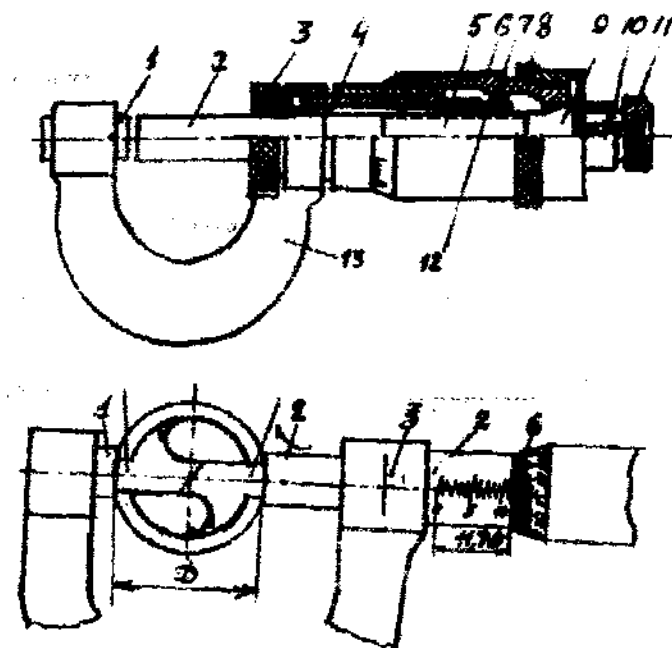


Рис. Д.2.1

## ПОРЯДОК ВИМІРЮВАННЯ ІЗОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ДЕТАЛЕЙ ШТАНГЕНЦИРКУЛЕМ

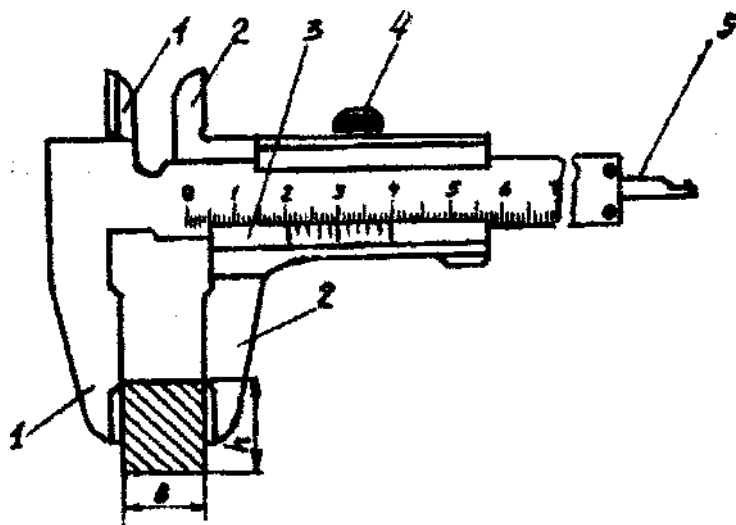


Рис. Д.3.1

Штангенциркуль призначений для вимірювання зовнішніх внутрішніх розмірів деталі. Для цього є конус-шкала з величинами відліку 0,1; 0,05 мм. Штангенциркуль складається з штанги з нерухомими ніжками і міліметровою шкалою 1, рухомої ніжки 2, рамки з конусом 3, затискного гвинта 4, ніжки глибиноміра 5 (рис. Д.3.1)

Порядок відрахування показань наведений на рис. Д.3.2. Ціле число поділок (міліметрів) слід відзначати за основною шкалою (штанги) перед нульовим штрихом конуса, а число поділок – міліметровим штрихом шкали конуса, який повністю або найбільш близько співпадає з штрихом основної шкали.

Величина відліку	Нульове положення	Приклади відліку
0,1 мм		60,5
0,05 мм		80,35 мм

Рис. Д.3.2



## ЗМІСТ

Загальні відомості про організацію та виконання лабораторних робіт.....	3
Лабораторна робота №1. Визначення зміни розмірів і геометричних форм робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації .....	5
Лабораторна робота №2. Визначення допустимого зносу робочих поверхонь деталей, що підлягають дефектації.....	10
Лабораторна робота №3. Визначення прихованих механічних пошкоджень деталей, що підлягають дефектації рухомого складу.....	15
Лабораторна робота №4. Визначення зміни фізико-механічних властивостей дефектуємих пружних елементів.....	27
Лабораторна робота №5. Визначення величини ремонтного розміру і його кількості при відновленні деталей слюсарно-механічною обробкою.....	36
Лабораторна робота №6. Відновлення деталей рухомого складу міського електротранспорту зварюванням і наплавкою під флюсом і в середовищі захисних газів.....	41
Лабораторна робота №7. Відновлення деталей покриттями гальванічним способом.....	53
Лабораторна робота №8. Відновлення властивостей ізоляції електричних машин постійного струму насичуванням лаком.....	66
Додаток 1. Порядок вимірювання внутрішніх геометричних розмірів деталей індикаторним нутроміром.....	76
Додаток 2. Порядок вимірювання геометричних розмірів деталей мікрометром.....	79
Додаток 3. Порядок вимірювання ізометричних розмірів деталей штангенциркулем.....	80

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

## **ВИПРОБУВАННЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПРИСТРОЇВ**

(для студентів 4, 5 курсів всіх форм навчання напряму  
підготовки 0922 (6.050702) «Електромеханіка» спеціальності  
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»)

Укладач **ЗУБЕНКО** Денис Юрійович

Редактор *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання *О. А. Балашова*

План 2010, поз. 177М

---

Підп. До друку 12. 05. 2010  
Друк на ризографі.  
Зам. №

Формат 60х84/16  
Ум. друк. арк. 4,8  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківська національна академія міського господарства,  
вул. Революції, 12., Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 4064 від 12. 05. 2011